ISSN 0376-477X

中華農業研究

第五十二卷　　第四期

目　　次

甘藷新品種臺農72號之育成
……賴永昌　李忠田　陳一心　程永雄　蔡金池…247
台灣原生杜鵑屬(*Rhododendron* spp.)種原遺傳歧異性之分析
……范明仁　王昭月　羅舜芳　曾彥學…258
利用植被光譜特徵估測莧菜植株生長及氮素狀態
……楊純明　吳正宗　沈百奎　全志儒　羅朝村　申雍…268
明暗週期對筋骨草癒合組織合成花青素之影響
……侯鳳舞　M. A. Smith…291
觀測角度對植被反射光譜及光譜特徵之影響－以水稻爲例
……李裕娟　楊純明…297
水稻粒形量化分析－I、形狀參數之決定
……呂秀英　魏夢麗　呂椿棠　陳烈夫…311
稻米含抗膽鹼激性物質之快速檢定研究與應用
……高靜華　曾佳琳　鄭允…324
施用雞糞堆肥配合化學肥料對薑黃產量及品質之影響
……胡敏夫　蔡淑珍　張愛華　劉新裕…334

中華民國九十二年十二月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:247~257(2003)

甘藷新品種臺農 72 號之育成 [1]

賴永昌 [2,4]　李忠田 [2]　陳一心 [2]　程永雄 [2]　蔡金池 [3]

摘　要

賴永昌、李忠田、陳一心、程永雄、蔡金池。2003。甘藷臺農 72 號之育成。中華農業研究 52:247-257。

嘉義農業試驗分所在八十六年秋作由甘藷逢機交配族群雜交後裔所培育之實生系選出優良品系 CYY86-01，經品系產量比較試驗、區域試驗及栽培試驗後於 92 年 3 月 21 日經農委會複審會議通過，正式命名爲臺農 72 號，商品名稱爲黃金香薯。在全省兩年五地點之區域試驗結果顯示，臺農 72 號之塊根產量平均較對照種臺農 57 號增產 11.2%，另外根據食品工業發展研究所之化學分析結果，顯示本品種之還原糖、胡蘿蔔素、維生素 C、鈣、磷等成分皆較對照種臺農 57 號高，且本品種在適當之栽培密度、施肥量及採收期下，適合作爲烤藷(中藷)之塊根產量約較臺農 57 號提高一倍左右，故本品種不僅可作爲鮮食用，亦可作爲加工業者製作烤藷之材料。

關鍵詞：甘藷、產量比較試驗、區域試驗。

前　言

甘藷爲臺灣重要之雜糧作物之一種，自日據時代起至 1973 年爲臺灣主要糧食之一，補充稻米之不足，同時也爲農村養豬之主要自給飼料，因此甘藷需求數量龐大，栽培面積一直維持在 20-24 萬餘公頃(李 1994)；但自 1973 年以後，甘藷飼料用途，逐漸被玉米所取代，以致甘藷需求量銳減，甘藷栽培面積大幅度縮減。近年來甘藷主要用途爲鮮食用，少部分作爲澱粉及食品加工用原料，再加上葉菜甘藷新品種之推出，甘藷再度爲消費者喜愛，自 1989 年以後甘藷栽培面積維持在一萬公頃左右(李 1994)。

嘉義分所自 1911 年開始從事甘藷育種工作，先後育成臺農 1 號至臺農 71 號等 71 個甘藷品種，早期爲配合農村需求，育種目標以鮮食用及飼料用甘藷爲主要目標，近年來配合消費者需求轉變爲鮮食用及食品加工用(李 1993)；尤其在臺灣加入國際貿易組織(WTO)後，自產農產品爲迎接進口農產品的衝擊，提高甘藷產量與品質之育種目標更爲重要，並研發擴大甘藷加工利用方式，以增加甘藷產品多樣性，來應付各種挑戰。

甘藷加工利用方式甚多，烤藷被認爲最具潛力之加工產品(李 1993；李 1994)，以往製作烤藷之加工原料主要以臺農 57 號爲主，收穫量中適合烤藷用之塊根(中藷)比率僅佔 20%左右，無法滿足業者大

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2167 號。接受日期：92 年 8 月 8 日。
2. 本所嘉義分所農藝系副研究員、助理、研究員兼系主任及研究員兼分所長。臺灣省　嘉義市。
3. 行政院農業委員會高雄區農業改良場澎湖分場助理。臺灣省　澎湖縣。
4. 通訊作者，電子郵件：davidlai@dns.caes.gov.tw；傳真機：(05)2774009。

量製作烤藷時的需求。嘉義分所自 86 年秋作由多向雜交集團後裔中選出品系 CYY86-01，經一定育種程序之試驗結果(李 1962；李 1964；李 1974；李 1986；湯 1967；Snedecor1967)，該品系有 40%以上比率塊根適合烤藷用，且具有食味佳及耐蟻象之特性，因此提出申請命名登記，並於 92 年 3 月 21 日經農委會新品種審查委員會命名爲臺農 72 號，爲一兼具食用及烤藷用甘藷新品種。

材料與方法

實生系選拔

以逢機交配甘藷種子 5 萬餘粒所育成之實生系爲試驗材料，於民國八十六年秋作種植於嘉義農試分所溪口農場，種植方式爲實生系依次序種植，每 100 株種植臺農 57 號 4 株以供選拔比對，依據單株塊根產量、塊根乾物率、皮色、肉色及藷形等性狀之優劣，選拔適當之優良品系，進入品系產量比較試驗。

產量試驗

品系產量比較試驗：第一年組品系產量比較試驗：供試 55 品系，試驗採 8×8 簡方設計，以臺農 57 號爲對照種，單行區，二重複，行長 6m，行株距 1×0.25m，在嘉義分所溪口農場進行，採收時稱取小區莖葉重及塊根重，再換算成莖葉及塊根公頃產量。第二年組品系產量比較試驗：供試 12 品系，試驗設計採逢機完全區集設計(RCBD)，以臺農 57 號爲對照種，四重複，行長 6m，行株距 1×0.25m，在嘉義分所水源地農場及溪口農場二處進行，採收時稱取小區莖葉重及塊根產量，再換算莖葉及塊根公頃產量。

區域試驗：試驗時期：89 及 90 年秋作。試驗地點：花蓮花蓮市、雲林元長鄉、嘉義嘉義市、臺南新化鎮及高雄岡山鎮等五個地點。供試品系：CYY86-S20、CYY86-01(臺農 72 號)、TYY70-2、TYY80-38 等四品系，對照種爲臺農 57 號。試驗設計及採收：試驗設計採逢機完全區集設計(RCBD)，試區行長 8m，雙行區，重複 6 次，行株距 1×0.25m，採收後稱取每小區莖葉及塊根重後，再換算莖葉及塊根公頃產量。

穩定性分析：由花蓮、雲林、嘉義、臺南及高雄等 5 個區域試驗兩年所得之數據，以塊根產量進行穩定性分析。

收穫日數對甘藷塊根產量之影響

試驗設計及處理：試驗設計採裂區設計，採收期爲主試區，品種(系)爲副試區，試區 8m，行株距 1×0.25m，3 行區，4 重複，採收期爲種植後 120 天、150 天及 180 天採收，品種(系)爲 CYY86-01(臺農 72 號)及臺農 57 號。

調查項目：莖葉及塊根產量：採收後稱取每小區之莖葉及塊根重，再換算成公頃莖葉及塊根產量。同時調查塊根中符合商品規格化之比率及中藷比率，計算方式如下：

$$\text{符合商品規格比率(\%)} = \frac{\text{塊根直徑寬 } 5.8-10\text{cm 及長度 } 10-22.5\text{cm 之鮮重}}{\text{塊根總鮮重}} \times 100\ \%。$$

$$\text{中藷比率(\%)} = \frac{\text{塊根直徑 } 7.2-8.6\text{cm 及長度 } 10-22.5\text{cm 之鮮重}}{\text{塊根總鮮重}} \times 100\ \%。$$

肥料施用量對甘藷產量之影響

試驗設計及處理：試驗採裂區設計，不同肥料爲主試區，品種(系)爲副試區，試區 8m，行株距 1×0.25m，3 行區，4 重複，肥料量分別爲每公頃 N：P：K=30：30：90、60：30：180、120：30：360kg，品種(系)爲 CYY86-01(臺農 72 號)及臺農 57 號。

調查項目：調查方法如採收期試驗中所述。

種植密度對甘藷塊根產量之影響

試驗設計及處理：試驗設計採裂區設計，種植密度爲主試區，品種(系)爲副試區，試區 8m，行株距 1×0.25m，3 行區，4 重複，種植密度分別爲每公頃種植 50,000、40,000、33,333 及 25,000 株，品種(系)爲 CYY86-01(臺農 72 號)及臺農 57 號。

調查項目：同採收期試驗之調查項目。

塊根化學組成分分析

將品系 CYY86-01(臺農 72 號)及臺農 57 號提供食品工業研究所進行分析，分析項目有粗纖維、膳食纖維、還原糖、澱粉、胡蘿蔔素、維生素 C、鈣、磷等。

結　　果

實生系選拔

八十六年度由甘藷逢機交配集團後裔種子，培育得實生系五萬餘株，每 100 株種植對照種臺農 57 號 4 株以供選拔比對，根據單株塊根產量、塊根乾物率、皮色、肉色、形狀等特性優劣，選得優良品系 55 株。CYY86-01(臺農 72 號)品系塊根個數目爲 9 個，單株塊根鮮重 2.70 kg，塊根乾物率 35.2%，塊根乾物粗蛋白質含量 4.24%，可溶性糖含量 7.39%，和澱粉含量 68.25%，皮色及肉色分別爲紅色及橙黃色，且食味、品質佳，符合甘藷品系選拔條件，獲選進入品系產量比較試驗(表 1)。

品系產量試驗

第一年試驗：採用簡方設計，試區行長 6m，行距 1m，株距 25cm，單行區，重複 2 次，種植期爲 86 年 9 月 23 日，採收期爲 87 年 4 月 6 日，採收後秤取每小區 32 株之莖葉收量及塊根收量後，再換算成公頃莖葉及塊根收量，其試驗結果 CYY86-01(臺農 72 號)每公頃平均鮮塊根收量達 27,500 kg，比對照種臺農 57 號增產 18.0%(表 2)。

第二年試驗：試區採用逢機完全區集設計，小區行長 6m，行距 1m，株距 25cm，單行區，重複 4 次，在嘉義分所水源地農場及溪口農場二處進行，在嘉義分所農場種植期爲 87 年 9 月 20 日，採收期爲 88 年 3 月 12 日，其試驗結果爲 CYY86-01(臺農 72 號)之塊根收量爲 25,600 kg，較對照種 57 號增產 43.0%。而溪口農場種植期爲 87 年 9 月 11 日，採收期爲 88 年 3 月 8 日，其試驗結果爲 CYY86-01 (臺農 72 號)之塊根收量爲 30,000 kg，較對照種臺農 57 號增收 20.5%(表 3)。

表 1. 甘藷雜交實生系選拔塊根及農藝性狀比較

Table1. The agronomic traits of 5 promising clones of sweet potato

Sweet potato line	Storage root yield (kg/plant)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Crude starch (%)	Soluble sugar (%)	Skin color	Flesh color
CYY86-01 (TNG72)	2.70	35.2	4.24	68.25	7.39	Red	Orange yellow
CYY86-07	1.45	30.8	3.95	63.57	8.07	Red	Red
CYY86-23	2.10	33.8	5.09	65.05	7.64	Red	Yellow
CYY86-30	2.35	33.6	4.03	67.85	7.99	Red	Yellow
CYY86-55	1.70	38.7	3.18	68.92	9.03	Red	Yellow
TNG57(CK)	1.10	33.6	3.71	65.19	9.98	Yellow	Yellow

[z] Planting date; September 23,1997; Harvest date: April 3,1998.

區域試驗

新品系秋作區域試驗於八十九及九十年進行兩年，採逢機完全區集設計，小區面積行長 8m，行株距 1×0.25m，雙行區，每小區種植 64 株先端苗，重複 6 次 ，試驗地點計有雲林縣元長鄉、嘉義市、臺南縣新化鎮、高雄縣岡山鎮及花蓮市等五處，八十九年新品系 CYY86-01(臺農 72 號)試驗結果如下(表 4)：雲林縣元長地區塊根產量爲每公頃 59,800 kg，較對照種增收 9.9%，嘉義市之塊根產量爲每公頃 27,500 kg 對照種增收 22.3%，臺南縣新化鎮爲每公頃 61,400 kg，較對照種增產 4.2%，高雄縣岡山地區爲 35,800 kg，比對照種臺農 57 號增收 0.9%，花蓮市爲 23,600 kg，比對照種臺農 57 號減收 15.1%，綜合五處之平均 CYY86-01(臺農 72 號)之塊根收量爲 41,620 kg，比對照種臺農 57 號增收 4.5%(其中雲林縣元長鄉及臺南縣新化鎮兩地點因種植期超過 7 個月，使其塊根產量較其他地區高)。

表 2. 87 年第一年甘藷初級品系塊根收量及農藝性狀比較

Table 2. Tuber and agronomic traits of the primary lines of sweet potato in year 1998

Sweet potato line	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index[z] (%)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Crude starch (%)	Skin color	Flesh Color
CYY86-01 (TNG72)	9,166	27,500	118.0	31.4	3.48	11.90	65.97	Red	Orange yellow
CYY86-09	20,833	34,999	150.2	33.7	3.97	17.31	65.84	Red	White
CYY86-21	23,333	38,333	164.5	31.4	2.62	23.98	62.05	Yellow	White
CYY86-30	16,666	19,666	82.3	34.2	3.86	15.33	68.00	Red	Yellow
CYY86-33	17,499	30,833	132.3	27.8	3.23	22.65	61.94	Yellow	Yellow
CYY86-34	12,500	24,166	103.7	20.7	4.39	22.24	55.82	Yellow	Red
TNG57(CK)	16,666	23,300	100.0	33.5	4.39	15.05	65.59	Yellow	Yellow
LSD(5%)	6,134	3,120							

[z]Index(%)=storage root yield of tested line / storage root yield of TNG57×100 %.

表 3. 88 年第二年組品系塊根收量等農藝性狀比較

Table 3. Tuber and agronomic traits of the advanced lines of sweet potato in year 1999

Planting area	Line	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index[z] (%)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)	Skin color	Flesh color
Chiayi	CYY86-01 (TNG72)	9,900	25,600	143.0	33.6	4.44	9.84	75.38	Red	Orange yellow
	CYY86-09	8,666	23,749	132.7	37.7	3.69	9.98	77.68	Red	White
	CYY86-21	12,916	25,666	143.3	34.2	3.29	9.72	78.68	Yellow	White
	CYY86-30	9,374	17,708	98.9	37.0	2.53	9.29	76.44	Red	Yellow
	CYY86-33	8,291	19,124	106.8	35.4	3.09	11.04	76.17	Yellow	Yellow
	CYY86-34	7,291	21,499	120.1	27.9	4.38	13.09	69.11	Yellow	Red
	TNG57(CK)	16,200	17,900	100.0	34.7	3.12	8.05	75.22	Yellow	Yellow
LSD (5%)		1,918	3,189							
Xikou	CYY86-01 (TNG72)	8,800	30,000	120.5	32.2	4.05	9.59	69.21	Red	Orange yellow
	CYY86-09	17,916	34,999	140.6	33.2	7.17	11.65	73.56	Red	White
	CYY86-21	19,999	32,082	128.8	28.8	7.20	10.87	74.84	Yellow	White
	CYY86-30	15,833	27,082	108.8	29.8	6.50	7.44	78.41	Red	Yellow
	CYY86-33	17,083	33,749	135.5	32.4	4.15	12.01	76.20	Yellow	Yellow
	CYY86-34	12,916	35,832	143.9	26.3	7.38	12.69	66.29	Yellow	Red
	TNG57(CK)	12,500	24,900	100.0	33.5	2.28	10.94	74.24	Yellow	Yellow
LSD (5%)		2,152	4,442							

[z]Index(%)=storage root yield of tested line / storage root yield of TNG57×100 %.

九十年秋作 CYY86-01(臺農 72 號)平均每公頃鮮塊根收量(表 5)：雲林縣元長地區爲 38,300 kg，比對照種臺農 57 號增收 5.7%，嘉義市爲 29,700 kg，比對照種臺農 57 號增收 32.0%，臺南縣新化地區爲 34,400 kg，比對照種增收 21.9%，高雄縣岡山地區爲 35,300 kg，比對照種臺農 57 號增收 25.3%，花蓮地區爲 22,900 kg，比對照種增收 32.4%，綜合五處之平均 CYY86-01(臺農 72 號)之塊根產量爲 32,120 kg，比對照種臺農 57 號增收 21.3%。

表 4. 89 年期秋作區域試驗品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量等性狀比較

Table 4. The agronomic traits of sweet potato lines CYY86-01(TNG 72) in regional trails in the fall of 2000

Planting area	Line	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index^z (%)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)
Yunlin	CYY86-01 (TNG72)	12,700	59,800	109.9	33.7	3.27	6.93	75.41
	TNG57(CK)	25,300	54,400	100.0	25.5	3.33	13.33	72.77
	LSD (5%)	6,486	4,116					
Chiayi	CYY86-01	14,300	27,500	122.3	37.7	2.76	7.83	76.76
	TNG57(CK)	13,300	22,500	100.0	35.8	4.11	10.26	72.05
	LSD (5%)	5,576	3,785					
Tainan	CYY86-01	13,900	61,400	104.2	34.3	2.71	7.37	75.26
	TNG57(CK)	27,500	58,900	100.0	32.2	3.28	10.99	69.04
	LSD (5%)	4,427	1,174					
Kaohsiung	CYY86-01	31,600	35,800	100.9	29.4	5.37	7.67	76.65
	TNG57(CK)	25,600	35,500	100.0	29.8	5.64	8.35	73.86
	LSD (5%)	1,973	3,785					
Hualien	CYY86-01	7,700	23,600	84.9	29.9	3.29	7.99	74.34
	TNG57(CK)	13,800	27,800	100.0	29.7	5.15	10.62	72.45
	LSD (5%)	3,759	4,573					
Mean	CYY86-01	16,100	41,620	104.5	33.0	3.48	7.55	75.68
	TNG57(CK)	21,100	39,820	100.0	30.6	4.30	10.71	72.03
	LSD (5%)	3,031	2,767					

[z]Index(%)=storage root yield of tested line / storage root yield of TNG57×100 %.

表 5. 90 年期秋作區域試驗品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量等性狀比較

Table 5. The agronomic traits of sweet potato lines CYY86-01(TNG72) in regional trials in the fall of 2001

Planting area	Line	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index^z (%)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)
Yunlin	CYY86-01	24,400	38,300	105.7	32.7	3.78	6.48	84.39
	TNG57(CK)	33,300	36,300	100.0	30.8	4.09	6.99	83.74
	LSD (5%)	2,994	5,412					
Chiayi	CYY86-01	15,800	29,700	132.0	37.7	4.53	7.72	76.22
	TNG57(CK)	15,500	22,500	100.0	37.4	4.23	6.81	81.64
	LSD (5%)	2,756	4,089					
Tainan	CYY86-01	22,600	34,400	121.9	30.2	2.79	6.23	84.14
	TNG57(CK)	15,100	28,100	100.0	29.9	2.08	7.38	81.97
	LSD (5%)	5,146	4,859					
Kaohsiung	CYY86-01	21,900	35,300	125.3	27.8	3.33	10.44	81.41
	TNG57(CK)	21,100	28,200	100.0	30.8	2.96	9.58	80.28
	LSD (5%)	2,212	1,883					
Hualien	CYY86-01	12,100	22,900	132.4	32.5	N.T.[y]	N.T.[y]	N.T.[y]
	TNG57(CK)	17,100	17,300	100.0	27.7	N.T.[y]	N.T.[y]	N.T.[y]
	LSD (5%)	3,466	3,456					
Mean	CYY86-01	19,400	32,120	121.3	32.2	3.61	7.72	81.54
	TNG57(CK)	20,400	24,500	100.0	31.3	3.34	7.69	81.91
	LSD (5%)	1,493	1,854					

[z] Index(%)=storage root yield of tested line / storage root yield of TNG57×100 %.

[y] N.T.=Not tested.

綜合二年區域試驗五個地點綜合變方分析之結果列於表 6：CYY86-01(臺農 72 號)塊根平均每公頃收量爲 36,870 kg，較對照種臺農 57 號增收 11.2%。而 CYY86-01(臺農 72 號)在 5 個試驗地點經二年不同環境下，其塊根收量經穩定性分析(呂 1994)結果顯示，CYY86-01(臺農 72 號)之塊根收量平均爲每公頃 36,870 kg，穩定係數爲 1.0564，故該品系在不同年份及地區下爲高產且穩定之品系，顯示該品系在不同環境下皆能獲高塊根收量 (表 6)。

採收期試驗

新品系 CYY86-01(臺農 72 號)採收期試驗於九十年秋作進行，試驗採裂區設計，採收期爲主試區，品種爲副試區，試區行長 8m，行距 1m，株距 0.25m，3 行區，4 重複，90 年 9 月 12 日在嘉義分所試驗農場種植，土壤質地爲砂質壤土之試驗區，試驗結果列於表 7。品系 CYY86-01(臺農 72 號)在生育期 120 天後採收之每公頃塊根收量最低，而生育期 150 天及 180 天採收之塊根收量最高，且兩者間無顯著差異存在；而適合作爲烤藷(中藷)比率及具商品規格比率之塊根收量亦以生育期 150 天及 180 天最高，而臺農 57 號適合烤藷(中藷)比率在種植 180 天採收爲 30.17%最高，但仍低於 CYY86-01(臺農 72 號)在生育期 150 天及 180 天之適合烤藷(中藷)比率之 39.18%及 41.00%。

肥料試驗

CYY86-01(臺農 72 號)之肥料試驗在九十年秋作進行，試驗採裂區設計，不同肥料量爲主試區，品種爲副試區，試區行長 8m，行距 1m，株距爲 0.25m，3 行區，重複 4 次，90 年 9 月 12 日在嘉義分所試驗農場種植，土壤質地爲砂質壤土之試驗區，試驗結果列於表 8，CYY86-01(臺農 72 號)之塊根收量在低肥區最低，而中肥區及高肥區之鮮塊根收量最高，且中肥區及高肥區間並無顯著差異存在，而塊根適合作爲烤藷(中藷)比率之塊根收量及具商品規格比率之塊根收量在三種肥料施用量間皆無顯著差異存在。而對照種臺農 57 號之鮮塊根收量在三種施肥量間無顯著差異存在，且其適合作爲烤藷(中

表 6. 89-90 年期秋作區域試驗品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量等性狀綜合比較

Table 6. The agronomic traits of sweet potato lines CYY86-01(TNG72) in regional trial in the falls of 2000 and 2001

Line	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index[z] (%)	Dry matter (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)	Stability	S^2(b)
CYY86-01(TNG72)	18,700	36,870	111.2	30.6	3.53	6.20	79.91	1.0564	0.0787
CYY86-S20	24,900	25,600	77.2	33.0	2.48	12.05	77.44	1.0766	0.1227
TYY70-2	23,100	27,800	83.8	28.4	3.30	9.92	76.48	0.9089	0.0615
TYY80-38	26,800	23,900	72.1	26.4	3.31	13.80	68.62	0.7837	0.0587
TNG57	20,800	33,150	100.0	31.8	3.46	9.25	78.50	1.1164	0.0574
$LSD_{0.05}$	2,320	3,840							

[z] Index(%)=storage root yield of tested line / storage root yield of TNG57×100 %.

表 7. 種植期對甘藷品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量之影響

Table7. Effects of planting date on the storage root yield of sweet potato line CYY86-01(TNG72)

Line	Planting time (day)	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index[z] (%)	Dry Matter (%)	Middle tuber (%)	Commercial tuber (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)
TNG57	120	17,700	22,220	68.31	31.2	25.20	44.10	3.81	9.04	84.73
(CK)	150	18,500	25,090	77.13	33.5	25.48	61.53	2.56	5.49	84.01
	180	16,500	32,530	100.0	34.8	30.17	62.48	2.94	8.59	78.14
CYY86-01	120	15,000	31,030	84.02	34.0	33.13	52.85	3.98	7.96	85.32
(TNG72)	150	13,100	36,600	99.11	34.8	39.18	72.30	3.13	3.45	84.51
	180	12,500	36,930	100.0	34.1	41.00	76.43	2.91	5.32	80.61
$LSD_{0.05}$		2,100	3,210							

[z] Index(%)=storage root yield at the tested days/ storage root yield at 180 days×100 %.

藷)比率之塊根收量及具商品規格比率之塊根收量在三種施肥量間皆無顯著差異存在，但臺農 57 號在三種施肥量之適合作爲烤藷(中藷)比率平均爲 26.32%，皆低於品系 CYY86-01(臺農 72 號)在三種施肥量之平均 42.97%。

種植密度試驗

種植密度試驗田間設計採裂區設計，種植密度爲主試區，品種爲副試區，試區行長 8m，行距 1m，株距分別爲 20、25、30 及 40cm，每公頃種植株數分別爲 50,000、40,000、33,333 及 25,000 株，3 行區，重複 4 次，90 年 9 月 12 日在嘉義分所試驗農場進行，土壤質地爲砂質壤土之試驗田，試驗結果如表 9，CYY86-01(臺農 72 號)之鮮塊根收量在每公頃 40,000 及 50,000 株下最高，且兩種栽培密度間並無顯著差異存在，而 CYY86-01(臺農 72 號)在四種栽培密度下之塊根適合作爲烤藷(中藷)比率及具商品規格比率之塊根收量皆無顯著差異存在。而對照種臺農 57 號在四種栽培密度下之適合作爲烤藷(中藷)比率之塊根收量平均爲 21.89%，低於 CYY86-01(臺農 72 號)在四種栽培密度下之平均 42.35%。

綜合三種栽培法試驗結果，品系 CYY86-01(臺農 72 號)在種植後 150 天及 180 天採收可生產最高塊根收量及適合作爲烤藷(中藷)之塊根收量，而在中肥料及高肥料施用量可得最高塊根收量，種植密度爲每公頃 40,000 及 50,000 株亦可生產最高之塊根收量，故在生產成本及高塊根收量之綜合考量下，品系 CYY86-01(臺農 72 號)在種植 150 天後採收，中肥料施用量及種植密度爲每公頃 40,000 株下，可獲得最高之塊根收量及適合作爲烤藷(中藷)比率之塊根收量。

表 8. 肥料施用量對甘藷品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量等性狀影響

Table 8. The effects of fertillization on the storage root yield of sweet potato line CYY86-01(TNG72)

Line	The amount of ferter-lization N:P:K (kg/ha)	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index [z] (%)	Dry matter (%)	Middle Tuber (%)	Commercial Tuber (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)
TNG57	30:30:90	18,300	26,770	102.5	34.3	26.6	63.1	2.30	4.21	85.08
(CK)	60:30:180	22,170	26,980	103.4	35.2	24.9	69.8	1.75	5.63	85.89
	120:30:360	23,000	26,120	100.0	34.4	27.4	67.8	1.99	5.55	83.86
CYY86-01	30:30:90	12,000	25,860	77.8	32.6	41.1	63.7	2.16	5.11	85.41
(TNG72)	60:30:180	15,250	32,920	99.0	33.8	43.3	67.6	2.39	4.19	83.58
	120:30:360	18,150	33,240	100.0	33.5	44.5	70.3	3.13	3.45	84.51
$LSD_{0.05}$		1,740	2,950							

[z] Index(%)=storage root yield at tested fertilization/storage root yield at 120：30：360 (N：P：K)×100 %.

表 9. 不同種植密度對甘藷品系 CYY86-01(臺農 72 號)塊根收量等性狀的影響

Table 9. The effect of planting density on the storage root yield of sweet potato line CYY86-01(TNG72).

Line	Planting density (plants/ha)	Shoot-vine yield (kg/ha)	Storage root yield (kg/ha)	Index [z] (%)	Dry matter (%)	Middle tuber (%)	Commercial tuber (%)	Crude protein (%)	Soluble sugar (%)	Starch content (%)
TNG57	25,000	17,680	26,640	92.3	35.2	20.9	63.4	2.49	3.23	83.72
(CK)	33,333	24,150	26,470	92.4	36.4	22.5	62.9	2.99	5.10	82.52
	40,000	27,020	28,640	100.0	34.1	22.0	64.6	2.50	5.14	84.37
	50,000	33,800	27,060	94.5	35.1	22.2	63.7	2.59	4.68	84.21
CYY86-01	25,000	14,250	26,720	87.9	33.8	42.7	64.5	3.23	5.40	81.76
(TNG72)	33,333	15,450	27,440	90.3	33.4	44.8	69.0	3.39	4.53	84.49
	40,000	17,840	30,400	100.0	35.1	41.9	66.0	3.79	3.58	82.38
	50,000	22,570	29,440	96.8	34.2	40.3	65.7	2.15	3.60	81.09
$LSD_{0.05}$		2,240	2,110							

[z] Index(%)=storage root yield at tested density/storage root yield at 40,000 plants per ha ×100 %.

塊根化學組成分分析

於九十一年四月採收之 CYY86-01(臺農 72 號)新鮮塊根，委託新竹食品工業發展研究所化學分析結果如下：CYY86-01(臺農 72 號)塊根中所含還原醣、澱粉、胡蘿蔔素、維生素 C 及鈣含量皆較對照種臺農 57 號高，其中 CYY86-01(臺農 72 號)胡蘿蔔素含量爲每百克含 3773.00 國際單位，較臺農 57 號每百克含 308.53 國際單位高出 10 倍以上，其他化學成分則與臺農 57 號間差異不大(表 10)

品種特性

品系 CYY86-01(臺農 72 號)品系在歷經產量比較試驗、區域試驗、病蟲害檢定、栽培試驗、塊根化學成分分析及食味品評等試驗工作後，於 92 年 3 月 21 日經農委會複審會議通過，正式命名爲臺農 72 號，商品名稱爲黃金香藷，其植物性狀及農藝特性分別敘述如下：

植物性狀：莖：蔓平均長 257cm，莖徑平均 0.61cm，綠色，無茸毛，節間長平均 8.02cm。葉綠色呈心臟形，葉長平均 14.3cm，寬 15.4cm，頂葉綠色，葉形粗大，葉柄綠色，長度平均 30.0cm，無茸毛（圖 1）。塊根呈紡錘形，表皮紅色且光滑，表皮脈少，皮目淺，無縱溝。肉色爲橙黃色（圖 2）。開花期自 10 月至 12 月間，植株開花少。

農藝特性：莖蔓半直立性，生育速度中等，莖蔓粗大，分枝數中等，平均爲 6.4 支。秋作生育日數約 150 天。秋作種植適期爲 9-10 月。受蟻象危害較臺農 57 號輕微，但栽培時仍需注意防範。秋作鮮塊根收量每公頃平均爲 30 公噸左右，塊根乾物率約爲 28-32%。每百克鮮藷含鮮塊根還原醣含量 4.63 mg。每百克鮮塊根含胡蘿蔔 3773 國際單位。

適栽區特性：臺灣中南部等秋作甘藷產區，富含有機質之砂質壤土或壤土。

產品用途：塊根橫切面褐變程度低，蒸煮後呈泥粉質，適口性佳，且塊根適合作爲烤藷比率約 40% 以上，適合作爲蒸食用及烤藷用途。

討　論

臺灣甘藷品種之改良工作，可分成三個不同時期，第一個時期 1895-1945 年，此時期之育種目標爲豐產、高澱粉品種，主要用途是澱粉、釀酒、溶劑原料及飼料；第二個時期 1946-1960 年，主要育種目標爲高澱粉及食用品種，產品作爲飼料、澱粉及輔助食糧之用；第三個時期爲 1961 年迄今，此一時期主要育種目標是重視甘藷、品種之品質，希望育成各種用途之優良品種，提高甘藷營養和使用價值，產品用途主要供食用，部分作爲食品加工和澱粉原料(李 1993；李 1994)。

CYY86-01(臺農 72 號)之塊根產量在第一年產量比較試驗爲每公頃 27,500 kg，較對照種臺農 57 號增產 18.0%(表 2)，而第二年產量比較試驗之平均塊根產量爲每公頃 27,800 kg，較對照種臺農 57 號增產 31.75%(表 3)，另外二年五地點之區域試驗結果亦顯示，CYY86-01(臺農 72 號)之塊根產量平均爲每公頃 36,870 kg，較對照種增產 11.2%(表 4、5、6)，而其塊根產量在二年五地點之穩定係數分析結果亦顯示，CYY86-01(臺農 72 號)之塊根產量高於平均塊根產量，穩定係數爲 1.0564 (表 6)。另外塊根食品工業發展研究所之化分析結果，亦顯示 CYY86-01(臺農 72 號)之還原糖、胡蘿蔔素、維生素 C、鈣、磷等成分皆較對照種臺農 57 號高(表 10)，食味品評結果亦顯示本品種在形狀、皮色等外觀特性皆

表 10. 品系 CYY 86-01(臺農 72 號)與臺農 57 號新鮮塊根化學組成分分析比較
Table 10. Comparison of chemical components of line CYY86-01(TNG72) and TNG57.

Line	Crude fiber (%)	Eating Fiber (%)	Reducing Sugar (%)	Starch (%)	Carotenoid (IU/100g)	Vitaminc (mg/100g)	Calcium (mg/100g)	Phosphorus (mg/100g)
CYY86-01	0.94	2.78	4.63	32.46	3773.00	21.61	45.11	37.69
TNG57(CK)	0.91	2.90	1.69	22.47	308.53	16.92	30.62	33.61

圖 1. 臺農 72 號之地上部莖葉。
Fig 1. The shoot-vine of TNG 72.

圖 2. 臺農 72 號之地下部塊根。
Fig 2. The storage root of TNG 72.

較臺農57號優，而蒸煮後之肉、質地、香氣、甜味及適口性亦均較臺農57號為佳。而本品種在種植150天後採收，中等肥料施用量下及種植密度為每公頃40,000株下，可獲得適合作為烤藷(中藷)之塊根產量佔總產量之40%左右，較對照種臺農57號之20%，可增加約一倍以上(表7、8、9)。從以上結果顯示臺農57號具有高產、高營養成分及食味佳之特性，且在適合之栽培條件下，在適當之栽培密度、施肥量及採收期下適合作為烤藷(中藷)之塊根產量約較臺農57號提一倍左右，故甘藷新品種臺農72號(商品名黃金香藷)不僅可作為食用，亦可作為加工業者製作烤藷之材料。

誌　謝

研究承甘藷組同仁周振東、許山林、劉光滿在田間管理及資料調查之協助，同時感謝許月華及賴秋恩小姐在資料整理及病蟲害檢定之協助，特表謝忱。

引用文獻

李良。1962。甘藷圃場試驗檽式與逢機完全區集設計效率之研究。中華農學會報　新40:40-49。

李良。1964。甘藷品種區域試驗技術之研究。中華農學會報　新45:11-17。

李良。1974。甘藷逢機交配集團各連續世代之變異及平均表現之研究。中華農業研究23:255-262。

李良。1986。甘藷優良後裔選拔基準之研究。科學月刊9:930-940。

李良。1994。甘藷。P. 1329-1447。雜糧作物各論，III根及莖類。臺灣省區雜糧發展基金會。臺灣　臺北。

李良、廖嘉信。1993。臺灣甘藷品種改良之成就及展望。P. 11-28。根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊。臺灣農業試驗所嘉義分所，臺灣　嘉義。

呂秀英。1994。穩定性迴歸分析之SAS程序。中華農業研究43:283-292。

湯文通。1967。作物育種原理與實施。P.468-505，甘藷育種，第24章。臺灣大學農學院農藝系出版。臺灣　臺北。

臺灣省政府農林廳。1989。雜糧作物育種程序及實施方法 P.1-27。臺灣省政府農林廳。臺灣，南投。

Montgomery, D. C. 1984. Factional factorial design. P.325-354 *in* Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, New York, USA.

Breeding of a New Sweet Potato Variety Tainung No. 72[1]

Yung-Chang Lai[2,4], Zhong-Tian Li[2], Yi-Sin Chen[2],

Yung-Hsiung Cheng[2] and Chin-Chi Tsai[3]

Summary

Lai., Y. C., Z. T. Li, Y. S. Chen, Y. H. Chen and C. C. Tsai. 2003. Breeding of a new sweet potato variety of Tainung No. 72. J. Agric. Res. China52:247-257.

The sweet potato clone, CYY86-01, was selected from the progenies of a polycross population , through primary and advanced yield trials, regional trials, planting time and fertilization trials. It was formally designated as Tainung 72 (TNG 72) by Council of Agriculture, Executive Yuan on March 21, 2003。The mean storage root yield of TNG 72 was 11.2% higher than the check variety, TNG57, in regional trial, and contained higher reducing sugar, carotenoid,vitamin c, calcium and phosphorus contents than the check variety, TNG57. When Tainung 72 is cultivated with appropriate planting density, fertilization, and harvesting time, the yield of middle size tubers were two-fold of TNG57 variety. Therefore , Tainung 72 can not only be used as table-use, but also is a good material for baking.

Key words：Sweet potato, Yield trial, Regional trial.

---

1. Contribution No.2167 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted：August 8, 2003.

2. Respectivaly, Associate Agronomist, Assistant, Senior Agronomist and Head of Dept. Agronomy and Senior Plant Pathologist and director of AES, Chiayi Agricultural Experiment Station (AES), ARI, Chiayi, Taiwan, ROC.

3. Assistant, Penghu Branch Station, Koahsiung DAIS, Penghu, Taiwan, ROC.

4. Correponding author, e-mail: davidlai@dns.caes.gov.tw, Fax: (05)2774009.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:258~267 (2003)

台灣原生杜鵑屬(*Rhododendron* spp.)種原遺傳歧異性之分析 [1]

范明仁 [2,4]　王昭月 [2]　羅舜芳 [2]　曾彥學 [3]

摘　　要

范明仁、王昭月、羅舜芳、曾彥學。2003。台灣原生杜鵑屬種原之遺傳歧異度分析。中華農業研究 52:258-267。

本研究共選取台灣原生杜鵑屬(*Rhododendron* spp.)11 個種，含不同來源地共 23 個樣品。利用 RAPD(random amplified polymorphic DNA)分析方法，旨在藉以評估 11 個種間之遺傳距離，經由 60 個 引子中篩選七個具多型性且再現性良好之 6 個引子，計獲得 18 個多型性 DNA 片段，可作爲金毛杜鵑(*R. oldhami*)、馬銀花(*R. ovatum*)、紅毛杜鵑(*R. rubropilosum*)、南湖杜鵑(*R. hyperthrum*)、西施花(*R. ellipticum*)、南澳杜鵑(*R. breviperulatum*)以及守城滿山紅(*R. mariesii*)等七個"種"鑑別之專屬標誌條帶。而綜合 6 個引子之 RAPD 分析產物，經 UPGMA 集群分析之樹狀圖可分成 4 個亞集群，結果大致與第二版台灣植物誌採用之杜鵑屬分類接近，其中來自不同地區的金毛杜鵑(6 個樣品)，明顯有同"種"聚集一起之趨勢，其遺傳距離最相近。綜合而言，RAPD 分析應可作爲台灣原生杜鵑遺傳距離分析的有效方法之一。

關鍵詞：杜鵑、逢機增殖多型性 DNA、集群分析、遺傳歧異度。

前　　言

自 1993 年全球”生物多樣性公約協議本文(Agreed Text of Convention on Biological Diversity)”生效後，世界各國開始意識到生物多樣性對演化及生態環境平衡的重要性(金 1999)，並且意識到生物資源將爲各國 21 世紀之重要資源。遺傳多樣性(genetic diversity)係代表遺傳資源的豐富與否，爲作物育種之原動力，且與種原利用效益息息相關。研究遺傳歧異最有效的方法是利用分子層次來探討，即以基因來闡明生物遺傳基質之變化。一般由植株形態之不同，並無法達到完全區分品種的目的，且往往要種植至成株始可進行性狀之判別。自 1990 年 Williams 等人及 1991 年 Welsh 等人提出操作簡單且於幼苗初期即可進行篩選工作的 RAPD 技術以來，利用 RAPD 標誌在植物基因上之研究報導就陸續刊出，

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2168 號。接受日期：92 年 8 月 28 日。
2. 本所所作物種原組研究員兼組長、助理研究員及計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心植物組副研究員。臺灣省　南投縣　集集鎮。
4. 通訊作者，電子郵件：mifan@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23331705。

包括有：特定基因之分析(Delourme *et al.*1994)、營養繁殖體基因特性與變異之分析(Brown *et al.* 1993；Isabel *et al.*1993)、種間基因分析與鑑定(Parani *et al.* 1997；Swoboda & Bhalla 1997；Wilkie *et al.* 1993)、栽培品種鑑定與分類(Tivang *et al.* 1996；Yang & Quiros 1993；Yu & Nyuyen 1994)、作物親緣關係之研究(范等 1999b ; Millan *et al.* 1996)。其後並陸續有水稻(Oard & Dronavalli 1992 ; Xiao *et al.* 1996)、小麥(Asakura *et al.* 1997)、油菜(Delourme *et al.* 1994；Mikkelsen *et al.* 1996)、馬鈴薯(Blok *et al.* 1997；Demeke *et al.* 1996)、咖啡(Orozco-Castillo *et al.* 1994)、木瓜(Stiles *et al.* 1993)、番椒(王等 1995，1996，1997)等多數作物的種原鑑別或基因分析研究報告提出。

全世界的杜鵑花大約有九百種左右，隸屬於杜鵑科(Ericaceae)杜鵑花屬(*Rhododendron*)，主要分布於北半球熱帶、亞熱帶至高山寒帶地區，其中地生型杜鵑以中國大陸雲貴高原一帶爲主要的分布中心，沿喜馬拉雅山脈的尼泊爾、錫金、不丹、西藏、緬甸等地向外擴展逐漸演變成今日的分布。另一群著生型杜鵑則是以東印度群島，即印尼、馬來西亞、新幾內亞及附近島嶼爲主要分布中心，再向外擴展。亞洲大約八百五十幾種，中國就有五百多種；北美洲有二十四種；歐洲有九種；澳洲僅產一種；而非洲及南美洲則無杜鵑花。臺灣正位於東亞地生型杜鵑與著生型杜鵑分布的交匯地區，加上島內氣候變化萬千，高山群峰層疊，地形極爲複雜，故衍生許多野生杜鵑。

杜鵑用途可作爲盆栽、庭園美化、抽取香精、柴薪及藥用等(呂等 1989；馬等 1989)，由於其栽培不易，分佈又具有地域性，加上原生育地受到人爲破壞或消失，因而有部分品種已瀕臨絕種，如烏來杜鵑目前在野外已無任何原生之植株(林等 1993)。本省原生杜鵑若依其型態特徵進行”種”之分類時，容易由於棲息地之氣候影響外觀之判斷，且杜鵑本身種內表現性狀變化頗大，加上人工育種選拔甚久，造成基因之流失以及遺傳之同質性，亦使基因庫內之遺傳多樣性變小。因此，擬由分子層次探討台灣原生杜鵑種原之生物歧異度，種間分子標誌與其表現形態、地域分佈之關係，期盼能藉此達到提昇種原蒐集及保存之效率，並可爲研究人員對台灣原生杜鵑種原之復育與繁殖時之參考依據。然而國內外學者對杜鵑”種”間鑑別或分子標誌之研究並不多，國內學者曾利用同功異構酵素進行原生杜鵑遺傳變異之分析；如 1989 年馬溯軒等人發現爬地杜鵑(唐杜鵑：*R. simsii*)及大屯杜鵑(唐杜鵑：*R. simsii*)之脂化酵素(esterase)可其爲遺傳指標(馬等 1989)；而 1991 年林素夷之研究顯示葉部脂化酵素及根部過氧化酵素(peroxidase)亦可爲種間鑑別之證明(林等 1991)；1993 年林明勇等之研究提出脂化酵素及麩胺酸草醯酸轉氨酵素(Glutamate oxaloacetate transaminase, GOT)可用以瞭解烏來杜鵑(*R. kanehirai*)不同來源地區的基因差異(林等 1993)；綜合上述顯示，利用同功異構酵素可做爲評估杜鵑族群內或族群間遺傳變異之生化指標；但目前可供評估之同功異構酵素標誌仍然太少且費時，故期能由 RAPD 分析技術，就 DNA 層次所獲得之分子標誌資料來建立對杜鵑屬(*Rhododendron* spp.)之不同來源地方種原之歧異度或種原間親緣遠近之探討。近代學者(Iqbal *et al.* 1995；Levi *et al.* 1993)曾針對國外之杜鵑部份品種及其雜交種，利用 RAPD 分子標誌的方法進行其遺傳親緣關係之評估，其樹狀分析結果可顯示雜交種與其親本之血緣關係；因此本試驗乃採用 RAPD 分子標誌的方法來鑑別杜鵑種原之遺傳親緣關係。

材料與方法

供試杜鵑品種

由林業試驗所福山分所、特有生物保育中心、桃園地區及陽明山國家公園等地採集台灣原生杜鵑十一個種 23 個樣品(表 1)，包括烏來杜鵑(*R. kanehirai*；特有種)、西施花(*R. ellipticum*；廣泛種)、台灣杜鵑(*R. formosanum*；特有種)、大屯杜鵑(*R. simsii*；廣泛種-唐杜鵑)、爬地杜鵑(*R. simsii*；廣泛種-唐杜鵑)、南澳杜鵑(*R. breviperulatum*；特有種-埔里杜鵑)、唐杜鵑(*R. simsii*；廣泛種)、金毛杜鵑(*R. oldhamii*；特有種)、南湖杜鵑(*R. hyperythrum*；特有種)、細葉杜鵑(*R. noriakianum*；特有種)、馬銀花(*R. ovatum*；廣泛種)、紅毛杜鵑(*R. rubropilosum*；特有種)、守城滿山紅(*R. mariesii*)及滿山紅(*R. mariesii*)等，取嫩葉並進行 genomic DNA 之萃取。

DNA 萃取

DNA 之萃取方法主要參考 Rogers 所提之方法，每一品種各取 5~10 個單株之嫩葉 1 公克以液態氮磨碎，放入 1.5 ml 已滅菌的小離心管，加入 500 μl 的 DNA 萃取緩衝液(2% CTAB；100 mM Tris-HCl，pH 8.0; 20 mM EDTA；1.4 mM NaCl; 1%(v/v) β-mercaptoethenol；1% polivinyl polypyrrolidone(PVP)，於 60℃水浴 30 分鐘，輕輕混勻後加入 500 μl chloroform/ isoamyl alcohol (24：1 ,v/v)再輕輕混勻。以 20℃，16,000g 離心 10 分鐘(SIGMA 2K15，rotor 12145)。取上清液加入 300 μl 之冰冷 isopropanol 以沉澱 DNA。再於 4℃，16,000g 離心 10 分鐘。沉澱之 DNA，再加入 1 ml 的 washing buffer (76% ethanol (v/v);10 mM ammonium acetate) 輕輕混勻後，於 4℃下以 16,000g 離心 10 分鐘。留取 DNA 沉澱物乾燥後溶於 50 μl 的無菌水再加入 RNase (10 μg/ml)在 37℃下反應 30 分鐘。將 DNA 溶液，稀釋並測定 OD_{260} nm 之讀值，及計算 DNA 濃度(Rogers & Bendich 1994)。

聚合酵素連鎖反應 (Polymerase Chain Reaction，PCR) 與電泳

利用 10 個核甘酸序列的隨意引子 60 條(Operom random primer kit OPE、OPQ 及 OPR；20 個/組)，進行 primer 篩選之聚合酵素連鎖反應。PCR 反應液及反應溫度條件參考 Oard 所提，反應總體積爲 25 μl，內含 1 U Taq polymerase (Promega)、1×PCR buffer(50 mM KCl；10 mM Tris-HCl，pH 9.0；0.1% Triton 100)、2.5mM $MgCl_2$、200 μM dNTP、0.2 μM primer 及 25 ng template DNA。聚合酵素連鎖反應儀器爲 Perkin Elmer Cetus Thermal Cycler 9600，反應溫度設定如下：1 次(cycle)：94℃，3 分鐘→40℃，1

表 1. 供試杜鵑之樣品代號、學名、中名、採集地、花色、花朵數及生長海拔

Table 1. The sample number, scientific name, chinese name, sampling area, flower color and flowers of *Rhododendron* spp

Sample no.	Scientific name	Chinese name	Sampling area	Floral color	Flowers
1	*R. simsii*	唐杜鵑(大屯杜鵑)	Yag-Ming Shan National Park	Red	1-3
2	*R. formosanum*	台灣杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	White	7-10
3	*R. ellipticum*	西施花	Yag-Ming Shan National Park	Pink	2-4
4	*R. ellipticum*	西施花	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	2-4
5	*R. simsii*	唐杜鵑(爬地杜鵑)	Taoyuan local farmer	Red	1-3
6	*R. simsii*	唐杜鵑(爬地杜鵑)	Yag-Ming Shan National Park	Red	1-3
7	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Yag-Ming Shan National Park	Red	1-4
8	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Taiwan Endemic Species Research	Red	1-4
9	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Red	1-4
10	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Taoyuan local farmer #1	Red	1-4
11	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Taoyuan local farmer #2	Red	1-4
12	*R. oldhami*	金毛杜鵑	Taoyuan local farmer #3	Red	1-4
13	*R. rubropilosum*	紅毛杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	1-4
14	*R. hyperthrum*	南湖杜鵑	YagMing Shan National Park	White	4-8
15	*R. simsii*	唐杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Red	2-6
16	*R. breviperulatum*	南澳杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	2-4
17	*R. kanehirai*	烏來杜鵑	Taoyuan local farmer	Pink	2-4
18	*R. kanehirai*	烏來杜鵑	Taiwan Endemic species research Institute (ESRI)	Pink	2-4
19	*R. kanehirai*	烏來杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	2-4
20	*R. ovatum*	馬銀花	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	1
21	*R.noriakianum noriakianum*	細葉杜鵑	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Red	2-4
22	*R. mariesii*	守城滿山紅	YagMing Shan National Park	White	2
23	*R. sp.*	滿山紅	Fu-Shan Research Station, (TFRI)	Pink	1-3

分鐘→72℃，1 分鐘；44 次(cycles)：94℃，1 分鐘→40℃，1 分鐘→72℃，2 分鐘 30 秒。反應完成時自動保存在 4℃。經聚合酵素連鎖反應而增殖之 DNA，以 2%的 agarose 在 TAE buffer (40 mM Tris acetate，pH 8.0；1mM EDTA)中進行 DNA 電泳(Oard & Dronalli 1992)。並以 Boeheringer Mannheim 公司之 DNA molecular weight marker XVI (250 bp ladder)做爲分子量標誌，電泳槽係採用 Cosmo 生產 Mupid-2，結束後以 ethidium bromide 染色，以 UV 光檢視 agarose 膠體上 DNA 多型性片段，並照相及貯存影像於 IS 2000 Digital Imaging System (Alpha Innotech Corporation)進行分析。

資料分析

將 IS 2000 Digital Imaging System 所存電泳結果之 TIF 檔案，利用 Applied Meths BVBA 公司所出之 GelCompar™ 軟體，進行 DNA 條帶之判讀，再將其轉換成 0 / 1 型態之資料，利用 SAS 統計分析軟體中 Jaccard's coefficient analysis 爲基礎之 UPGMA (Unweighted Pair-Grouping Mean Arithmetical) 集群分析，估算品系間遺傳歧異度。判讀台灣原生杜鵑屬內"種"間及"種"內之遺傳距離及其遺傳歧異度，比較以型態爲基礎之台灣原生杜鵑屬內"種"之分類，並以分子生物多型性之結果，期能協助解決"種"分類上之問題與種原保存及育種之參考，並進一步與引進種杜鵑之 RAPD 圖譜相互比對其親緣關係，以了解地理分佈與遺傳歧異性之關係。

結　果

RAPD 分析與台灣原生杜鵑遺傳歧異性之探討

本試驗以 60 條逢機引子(Operon kit: OPE、OPQ 及 OPR)應用 RAPD 方法進行部分樣品篩選，有 25 條引子具"種"間多型性，占全部引子數之 41.7%，顯示其種間之多型性極高。以此 25 條引子進一步篩選全部樣品後，選取其中 7 個具多型性，且再現性良好之引子（OPE3、OPE7 及 OPE15、OPE19、OPE20、OPR3、OPR16），共可得到 175 個 RAPD 片段，其中 168 片段具多型性，其分子量大小介於 235～3,256 bp 之間，平均每個引子反應可產生 25 個 RAPD 片段（表 2）。

台灣原生杜鵑屬之種間 RAPD 標誌條帶

自多型性引子之 RAPD 片段，篩選其可供"種"鑑定之特定標誌片段，可獲得 18 個特定 DNA 片段（表 2、表 3）。據此，供試的十一個"種"中除唐杜鵑(爬地杜鵑、大屯杜鵑)、烏來杜鵑及細葉杜鵑外，其餘八個"種"均可獲得鑑別用之專屬標誌條帶，其中馬銀花"種"的專屬標誌片段爲最多，共有 OPE3-296 bp、OPE7-296 bp 、OPE19-2,316 bp 、OPE19-1,272 bp、 OPE20-416bp 等五個片段；另 OPE3-323 bp、OPE7-323 bp 及 OPE19-401 bp 則爲紅毛杜鵑之"種"之專屬標誌片段；而 OPE19-640 bp、

表 2. 台灣原生杜鵑 RAPD 分析中具多型性之引子及其多型性特性

Table 2. The characteristics and sequence of those primers have polymorphism in RAPD studies in *Rhododendron* native in Taiwan

Primer	Sequences	Product sizes (bp)	No. of fragments	Polymorphic fragments	Specific fragments for Identification
OPE3	5'-CCAGATGCAC-3'	2,407-287	23	23	3
OPE7	5'-AGATGCAGCC-3'	2,257-419	23	23	2
OPE15	5'-ACGCACAACC-3'	3,256-313	27	27	1
OPE19	5'-ACGGCGTATG-3'	2,723-257	28	21	5
OPE20	5'-AACGGTGACC-3'	2,330-261	26	25	4
OPR3	5'-ACACAGAGGG-3'	1,713-235	22	22	2
OPR16	5'-CTCTGCGCGT-3'	3,133-270	26	26	1
Total			**175**	**167**	**18**

OPE20-1,530 bp 及 OPR3-945 bp 則為南湖杜鵑之鑑別標誌片段；西施花"種"的標誌片段分別為 OPE15-3,256 bp 以及 OPE19-308 bp；守城滿山紅"種"之鑑別標誌片段，則為 OPR3-753 bp 及 OPR16-460 bp 兩個片段可用以鑑別。其餘金毛杜鵑有一個"種"之專屬標誌片段 OPE3-697 bp；台灣杜鵑有一個"種"之專屬標誌片段 OPE20-263 bp；南澳杜鵑亦有一個"種"之專屬標誌片段 OPE20-1,941 bp（表 3）。

RAPD 集群分析之結果

將 7 個多型性引子經 RAPD(部份電泳結果如圖 1)分析所產生之 175 個 DNA 片段，合併進行 Jaccard correlation 相似性係數為基礎之 UPGMA (Unweighted Pair-Grouping Mean Arithmetical) 集群分析。由樹狀群集分析圖(hierarchical clustering)顯示，遺傳距離介於 0~1.25 之間(圖 2)，並可分為四個主要之亞集群，其中第一大群包含有 10 個樣品，分別為烏來杜鵑 3 個樣品、唐杜鵑 3 個樣品、南澳杜鵑 1 個樣品、細葉杜鵑 1 個樣品以及滿山紅 1 個樣品；第二群為遺傳距離最相近之金毛杜鵑，其樣品間遺傳距離均小於 0.75，且來自不同地區的 6 個樣品，明顯具有同"種"聚集一起之表現；第三群包含的 4 個樣品，分別為遺傳距離很相近(0.75)的西施花 2 個、遺傳距離較大的馬銀花以及由地區性農戶自行繁殖的唐杜鵑 1 個；第四群則為遺傳距離最大的 3 個樣品，分別為南湖杜鵑、台灣杜鵑以及具落葉習性與花葉混生的守城滿山紅(圖 2)。

討　論

杜鵑花屬是顯花植物中種類繁多的一屬，其生長環境從高山草原到熱帶雨林，生長海拔從海平面到 18,000 英呎以上(呂 1989；馬 1989)，因此，杜鵑對生長環境之適應能力極大，推測其種原之多樣性及歧異度應屬較高。本試驗應用 RAPD 方法，自 60 條逢機引子(Operon kit: OPE、OPQ 及 OPR)篩選出多型性與再現性穩定 7 條引子，共可得到 175 個 RAPD 片段，其中 167 片段具多型性，其分子量大小介於 235~3,256 bp 之間(表 2)，平均每個引子反應可產生 25 個 RAPD 片段；此與國外 RAPD 用於種原分析，其多型性產物片段為 11~20 個之結果略高(Millan *et al.* 1996)。而本試驗所獲得 18 個可供作為輔助"種"鑑定之 RAPD 標誌片段中，馬銀花具有最多的標誌片段 5 個；其次是紅毛杜鵑、南湖杜鵑、西施花、守城滿山紅也分別有兩個以上的標誌片段；而金毛杜鵑則是 6 個樣品均驗證同一專屬之標誌片段；以上 15 個片段可提供作為"種"間多重確認之利用，故對於其相對應之"種"的鑑別上應較具有客觀判斷之效。唯唐杜鵑及烏來杜鵑的不同地區之樣品間，存在差異的 RAPD 片段，則無法有"種"內專屬的標誌片段。

表 3. 原生杜鵑種間之專屬標誌 RAPD 片段
Table 3. Specific RAPD markers for species identification of *Rhododendron* native in Taiwan

Scientific name	Chinese name	Specific RAPD markers
R. ovatum	馬銀花	OPE3-296 bp; OPE7-296 bp; OPE19-2,316 bp; OPE19-1,272 bp; OPE20-416 bp
R. oldhami	金毛杜鵑	OPE3-697 bp
R. rubropilosum	紅毛杜鵑	OPE3-323 bp ；OPE7-323 bp；OPE19-401 bp
R. ellipticum	西施花	OPE15-3,256 bp；OPE19-308 bp
R. formosanum	台灣杜鵑	OPE20-263 bp
R. hyperthrum	南湖杜鵑	OPE19-640 bp ；OPE20-1,530 bp ；OPR3-945bp
R. mariesii	守城滿山紅	OPR3-753bp；OPR16-460bp
R. breviperulatum	南澳杜鵑	OPE20-1,941 bp

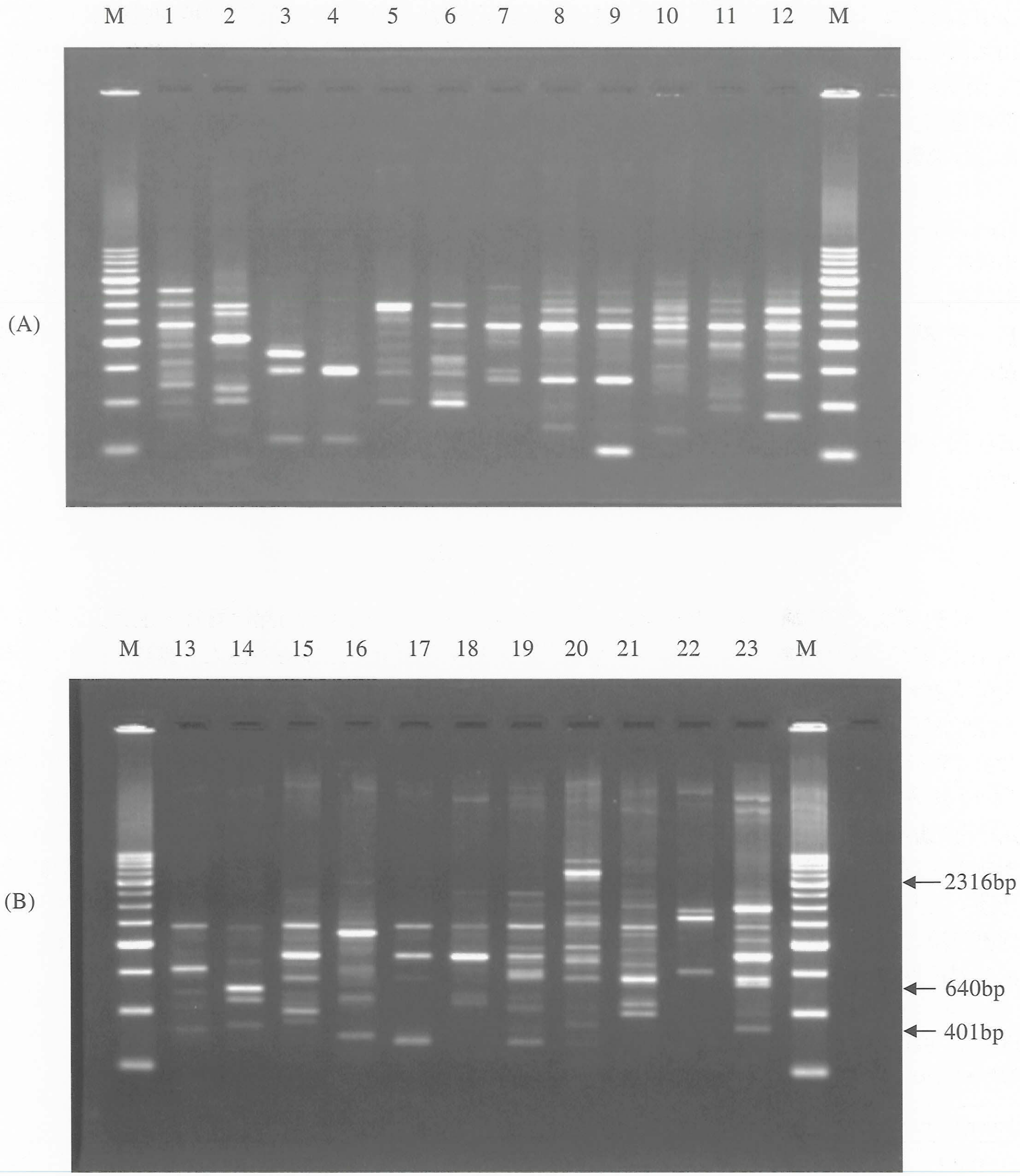

圖 1. 杜鵑 23 品系(品系代碼詳見表 1)，以 OPE19 爲引子之 RAPD 圖譜(A,B)。

Fig.1. RAPD profiles (A,B) generated by primer OPE19 and resolved by 2.0% agarose gel. Numbers on top refer to the accessions same as listed in Table 1. M: molecular marker (BM# 1855638). Sample no. 1,5,6,15: *R. simsii;* 2: *R. formosanum;* 3: *R. ellipticum*；7,8,9,10,11, 12: *R. oldhami*;13: *R. rubropilosum;* 14: *R. hyperthrum*；16: *R. breviperulatum*；17,18,19: *R. kanehirai;* 20: *R. ovatum;* 21: *R. noriakianum;* 22: *R. mariesii;* 23:R. sp.

RAPD 產物經由群集分析樹狀圖顯示，分成的四亞集群，其中來自不同地區的 6 個樣品之金毛杜鵑，遺傳距離最相近，且明顯具有同"種"聚集一起之遺傳表現；烏來杜鵑、唐杜鵑、南澳杜鵑、細葉杜鵑等小葉型杜鵑樣品只呈現零星群集現象；而遺傳距離較大的第三 、四群主要包含大葉型粉白色花的南湖杜鵑、台灣杜鵑、西施花；而 "馬銀花" 與地區性農戶自行繁殖的 "唐杜鵑" ，以及落葉性以及花葉混生的 "守城滿山紅" ，此三者則表現較大的遺傳差異性，值得進一步探討。另試驗材料中，自福山植物園採集之滿山紅杜鵑，依中文名原推測為(*R. mariesii*)，按植物分類應與陽明山的守城滿山紅(*R. mariesii*)，為同 "種" (馬 1989)，但就本試驗觀察結果，其葉型類似細葉杜鵑，且二者在 RAPD 之樹狀圖分屬第一及第四群集，亦值得進一步探討是否為採樣時誤取樣品之差誤。但整體而言，RAPD 分析結果還是可將花序不同、或葉型大小不同之杜鵑 "種"間予以分群，且大致與第二版台灣植物誌採用之花序及葉型的杜鵑屬分類接近，故應可提供作為一分子層次之參考資料。此外，由 RAPD 分析中，所獲得之種間專屬標誌條帶，亦可做為台灣原生杜鵑種別鑑定之參考。

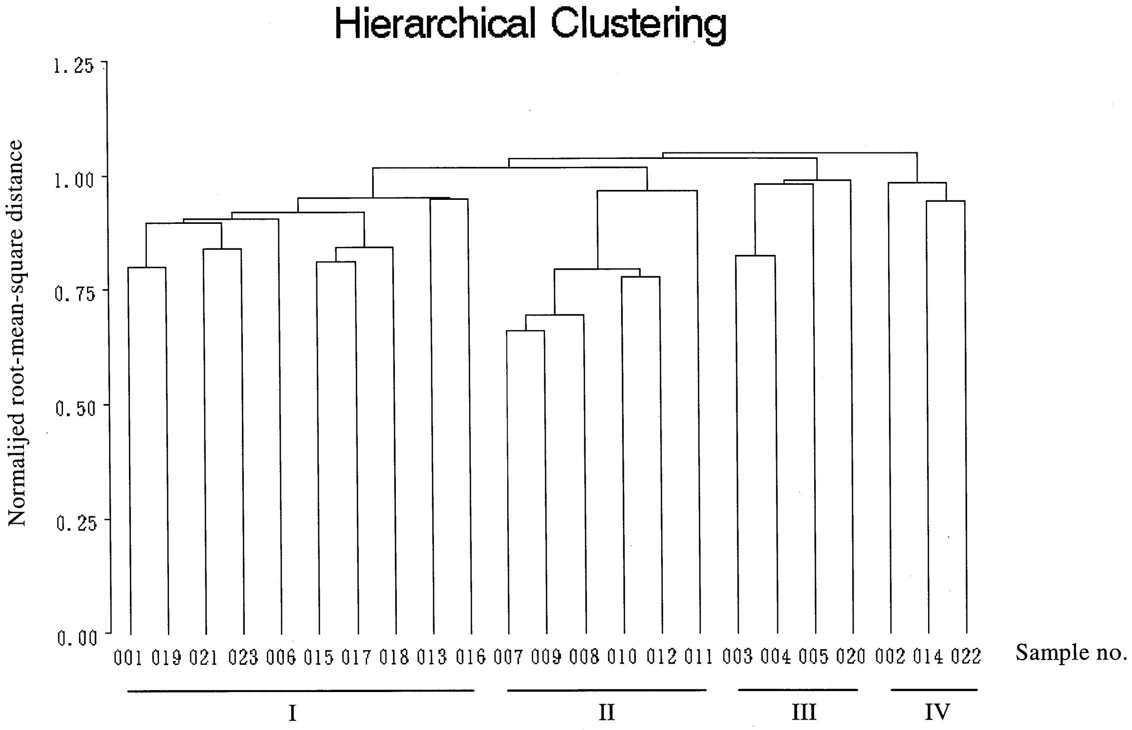

圖 2. 台灣原生杜鵑 23 個樣品綜合七個引子(OPE3, OPE7, OPE15, OPE19, OPE20, OPR3, and OPR16)之 RAPD 圖譜，經以 Jaccard's 相關係數為基礎之 UPGMA 集群分析樹狀圖。

Fig.2. RAPD dendrogram of 23 accessions of *Rhododendron* native in Taiwan generated by 7 primers (OPE3, OPE7, OPE15, OPE19, OPE20, OPR3, and OPR16), and constructed by UPGMA cluster analysis which based on the Jaccard's correlation matrix. Sample no. 1,5,6,15: *R. simsii;* 2: *R. formosanum;* 3: *R. ellipticum*；7,8,9,10,11, 12: *R. oldhami*;13: *R. rubropilosum;* 14: *R. hyperthrum* ； 16: *R. breviperulatum* ； 17,18,19: *R. kanehirai;* 20: *R. ovatum;* 21: *R. noriakianum;* 22: *R. mariesii;* 23:R. sp.

誌　　謝

本計畫承蒙農委會經費補助（89 生技-2.1-糧-01 (11)）特此致謝。另本試驗承蒙陽明山國家公園、林試所福山分所、特有生物保育中心及北部農民提供台灣原生杜鵑種原試驗材料，使得本試驗得以順利進行，特此僅致誠摯的謝意。

引用文獻

王昭月。1995。同功異構酵素與逢機增殖多型性 DNA 標誌在番椒品種鑑別之研究。國立中興大學碩士論文。152 pp。

王昭月、范明仁、羅舜芳。1997。利用 RAPD 分子標誌估測番椒屬種原歧異性之研究。中華農業研究 46(4):314-323。

王昭月、范明仁、羅舜芳、劉新裕。1996。以逢機增殖多型性 DNA 分子標誌鑑別番椒屬野生馴化種原。中華農業研究 45(4):370-381。

呂勝由、楊遠波。1989。台灣杜鵑花屬植物之訂正。林業試驗所研究報告季刊 4(4):155-166。

金恆鑣。1999。生物多樣性保育概念的形成。P.1-11。生物多樣性研討會論文集。行政院農業委員會編印，台北。

林明勇、應紹舜。1993。烏來杜鵑於原生地復育之研究。中華林學季刊 26 (2):15-38。

林素夷。1991。唐杜鵑、大屯杜鵑與中原杜鵑的電泳與葉部型態分析。國立台灣大學碩士論文。73 pp.

范明仁、羅舜芳、王昭月、許庭榮、曹文隆、楊金興、鄭耀星。1999b。台灣落花生種原之親緣關係之研究 II.應用 RAPD 進行落花生種原親緣關係之研究。中華農業研究 48(2):67-85。

Asakura, N., C. Nakamura and I. Ohtsuka. 1997. RAPD markers linked to the nuclear gene from *Triticum timopheevii* that confers compatibility with *Aegilops squarrosa* cytoplasm on alloplasmic durum wheat. Genome 40: 201-210.

Blok, V. C., M. S. Phillips and B. E. Harrower. 1997. Comparison of British populations of potato *cyst* nematodes with populations from continental Europe and South America using RAPDs. Genome 40:286-293.

Brown, P. T. H., F. D. Lange, E. Kranz, and H. Loerz. 1993. Analysis of single protoplasts and regenerated plants by PCR and RAPD technology. Mol. Gen. Genet. 237:311-317.

Delourme, R., A. Bouchereau., N. Hubert and M. Renard. 1994. Identification of RAPD markers linked to a fertility restorer gene for the *Ogura* radish cytoplasmic male sterility of rapeseed (*Brassica napus* L.). Theor. Appl. Genet. 88:741-748.

Demeke, K., D. R. Lynch, L. M. Kawchuk, G. C. Kozub and J. D. Armstrong. 1996. Genetic diversity of potato determined by random amplified polymorphic DNA analysis. Plant Cell Rep. 15:662-667.

Iqbal, M. J., D. W. Paden, and A. L. Rayburn. 1995. Assessment of genetic relationships among *Rhododendron* species, varieties and hybrids by RAPD analysis. Scientia Horticulture 63:215-223.

Isabel, N., T., M. Michard, F. M. Tremblay and J. Bousquet. 1993. RAPDs as an aid to evaluate the genetic integrity of somatic embryogenesis derived populations of *Pricea mariana* (Mill.) B. S. P. . Theor. Appl. Genet. 86:81-87.

Levi, A., L. J. Rowland and J. S. Hartung. 1993. Production of reliable randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers from DNA of woody plants. HortScience 28:1188-1190.

Mikkelsen, T. R., J. Jensen and R. B. Jorgensen. 1996. Inheritance of oilseed rape (*Brassica napus*) RAPD markers in backcross progency with *Brassica campestris*. Theor. Appl. Genet. 92:492-497.

Millan, T., F. Osuna, S. Cobos, A. M. Torres and J. I. Cubero. 1996. Using RAPDs to study phylogenetic relationships in *Rosa*. Theor. Appl. Genet. 92:273-277.

Oard, J. H. and S. Dronavalli. 1992. Rapid isolation of rice and maize DNA for analysis by random-primer PCR. Plant Mol. Bio. Rep. 10:236-241.

Orozco-Castillo, C., K. J. Chalmers, R. Waugh and W. Powell. 1994. Detection of genetic diversity and selective gene introgression in coffee using RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 87:934-940.

Parani, M., M. Lakshmi, S. Elango, N. Ram, C. S. Anuratha and A. Parida. 1997. Molecular phylogency of mangroves II. Intra- and inter-specific variation in *Avicennia* revealed by RAPD and RFLP markers. Genome 40:487-495.

Rogers, S. O., and A. J. Bendich. 1994. Extraction of total cellular DNA from plants, algae and fungi. D1:1-8 *In:* Plant Molecular Biology Manual. Kluwer Academic Publishers. New York.

Stiles, J. I., C. Lemme, S. Sondur, M. B. Morshidi, and R. Manshardt. 1993. Using randomly amplified polymorphic DNA for evaluating genetic relationships among papaya cultivars. Theor. Appl. Genet. 85:697-701.

Swoboda, I. and P. L. Bhalla. 1997. RAPD analysis of genetic variation in the Australian fan flower, *Scaevola*. Genome 40: 600-606.

Tivang, J. P. W. Skrocg and J. Nienhuis. 1996. Randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) variation among and within Artichoke (*Cynara scolymus* L.) cultivars and breeding population. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 12:783-788.

Welsh, J. and M. McClelland. 1991. Genomic fingerprinting using arbitrarily primer PCR and a matrix of pairwise combinations of primers. Nucleic Acid Res. 19: 5275-5279.

Wilkie, S. E., P. G. Isaac, and R. J. Slater. 1993. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers for genetic analysis in *Allium*. Theor. Appl. Genet. 86: 497-504.

Williams, J. G., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S.V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid Res. 18:6531-6535.

Xiao, J., J. Li, L. Yuan, S. R. McCouch, and S. D. Tanksley. 1996. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCR-based markers. Theor. Appl. Genet. 92:637-643.

Yang, X. and C. Quiros. 1993. Identification and classification of celery cultivars with RAPD markers. Theor. Appl. Genet. 86:205-212.

Yu, L. X. and H. T. Nguyen. 1994. Genetic variation detected with RAPD markers among upland and lowland rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 87:668-672.

The Genetic Diversity Analysis of *Rhododendron* Native in Taiwan[1]

Ming-Jen Fan[2,4], Jau-Yueh Wang[2], Shuen-Fang Lo[2]
and Yen-Hsueh Tseng [3]

Summary

Fan, M. J., J. Y. Wang., S. F. Lo, and Y. H. Tseng. 2003. The genetic diversity analysis of *Rhododendron* native in Taiwan. J. Agric. Res. China 52:258-267.

A total of 23 accessions including 11 species of *Rhododendron* native in Taiwan which were collected from different areas, were evaluated by using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) marker. Objectives were to evaluate genetic distance within those 11 species. Screening from sixty primers and eighteen unique DNA fragments were derived from 7 polymorphic primers. They can be used to distinguish the 7 species from the total 11 species, such as *R. oldhamii, R. rubropilosum, R. ovatum, R. hyperthrum, R. ellipticum,R. breviperulatum*, and *R. mariesii.* A dendrogram generated by UPGMA (Unweighted Pair-Group Mean Arithmetic) cluster analysis is closed relationship with the taxonomic classification of "Flora of Taiwan". Four sub-groups can be clustered by RAPD results. The results also show the varieties in the '*R. oldhami*' were clustered into the same subgroup. In brief, that the RAPD markers is an effectively and reliably method for analysis of the genetic distance of *Rhododendron* native in Taiwan.

Key words： *Rhododendron*, RAPD, Cluster analysis, Genetic diversity.

---

1. Contribution No.2168 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : August 28,2003.

2. Respectivaly, Research Fellow and Head, Assistant Horticulturist, Engaged Technician, Plant Germplasm Division, ARI, Wufwng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Assistant, Research Fellow, Botany Division, Taiwan Endemic Species Research Institute, Chichi, Nantou, Taiwan, ROC.

4. Correponding author, e-mail: mjfan@wufeng.tari.gov.tw, Fax: (04)23331705.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:268~290(2003)

利用植被光譜特徵估測莧菜植株生長及氮素狀態[1]

楊純明[2,8]　吳正宗[3]　沈百奎[4]　余志儒[5]　羅朝村[6]　申雍[7]

摘　　要

楊純明、吳正宗、沈百奎、余志儒、羅朝村、申雍。2003。利用植被光譜特徵估測莧菜植株生長及氮素狀態。中華農業研究 52:268-290。

本研究量測 2001-2002 年三不同作季採收時莧菜(*Amaranthus mangostanus*)植被反射光譜及植株性狀，以探討利用植被光譜特徵估測莧菜植株生長及氮素狀態之可行性。由量測光譜範圍(350-2400 nm)各窄波段反射比與調查性狀之簡單直線相關強度分析，可知各窄波段反射比與各調查性狀之相關程度不一，地上部鮮產量、葉片葉綠素總量、乾物質百分比、葉面積、地上部植體硝酸鹽含量及全氮含量等性狀之相關係數絕對值最大之窄波段位置分別座落於 767、574、779、574、1975 及 577 nm。將另一作季田間試驗之各光譜特徵反射比輸入直線迴歸模式，僅葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量之估測值與實測值相關顯著。續分析八種植被光譜指數與六種調查性狀之關係，顯示地上部鮮產量、地上部植體全氮含量、葉片葉綠素總量分別與不同光譜指數呈現曲線或直線關係。經將另次試驗光譜資料輸入相關模式求出估測值與實測值比較後，此三性狀之估測值與實測值相關均達顯著。由多元直線複迴歸分析，地上部鮮產量及全氮含量可以二元直線迴歸模式表示，葉面積可以三元直線迴歸模式表示，葉片葉綠素總量、地上部植體乾物質百分比及地上部植體硝酸鹽含量則可以四元直線迴歸模式表示。經另次試驗光譜特徵輸入各模式求出估測值與實測值比較後，除了葉面積之外，其餘五項性狀之估測值與實測值相關均達顯著。

關鍵詞： 植被光譜特徵、莧菜、植株生長、氮素狀態、多元線性複迴歸分析。

---

1. 行政院農委會農業試驗所研究報告第 2169 號。接受日期:92 年 9 月 1 日。
2. 本所農藝組研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學土壤環境科學系講師。臺灣省　臺中市。
4. 本所園藝組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
5. 本所應動組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
6. 本所植病組研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
7. 國立中興大學土壤環境科學系教授。臺灣省　臺中市。
8. 通訊作者，電子郵件: cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機: (04)23396057。

前　言

葉菜類是臺灣地區民眾的主要蔬菜來源，1999 年栽植面積超過 40,000 公頃，產量高達 1,000,000 公噸以上(農業統計年報 1999)。莧菜(*Amaranthus mangostanus* L.或稱 *A. tricolor* L.)是主要葉菜類蔬菜之一，俗稱莕菜、荇菜或莕菜不等，爲莧屬一年生 C_4 型植物，臺灣地區周年皆可栽培。現行莧菜栽培多施用無機化學肥料，常爲加速植株生長而有施用大量肥料情事，在民眾「吃的安心、吃的健康」訴求下，已愈來愈重視植體內硝酸鹽含量問題，因此針對減少施用過量氮肥以降低莧菜植體硝酸鹽需求，值得檢討與因應。

蔬菜中硝酸鹽累積的問題，早期在如菠菜、萘菜等已有諸多報導，並指出其累積原因係受到氮肥型態、施用量及環境因素(如光強度、溫度等)多方影響(楊 1995；Boon *et al.* 1990; Cantliffe 1972a, 1972b; Hata & Ogata 1976)。其實氮肥的施用應該配合氣溫、光照、土壤水分含量及土壤性質等環境條件作整體考量，在環境條件配合下，適量的氮肥可使蔬菜植株生長快速，過量的氮肥則將造成植體硝酸鹽大量累積(王等 1994b；蔡等 1995；Boon *et al.* 1990; Cantliffe 1972b; Marschner 1995; Maynard *et al.* 1976; Sui *et al.* 1983)，產生對人體健康的負面影響而減損蔬菜品質。一般植物對於銨態氮(NH_4^+—N)之肥料能夠由根系直接吸收後利用，硝酸態氮(NO_3^-—N)肥則需要在根部還原成銨態氮後再予利用，相對上較爲耗能(Williams & Haynes 1995)。因此，需能的硝酸態氮肥在低溫或光照不足等環境下，由於同化能力降低易造成有效氮源累積於植體中，使得可食用植體部位(如莖、葉)之硝酸鹽累積(吳&王 1995；Boon *et al.* 1990; Cantliffe 1972a, 1972b, 1972c; Martignon *et al.* 1994)。由於蔬菜中的硝酸鹽進入人體後，可能產生致癌物質之亞硝胺(nitrosamine)或亞硝酸胺(nitrosamide)(Addiscott *et al.* 1991；Forman *et al.* 1985)，且降低紅血球運輸氧分子能力(Boldget t & Clark, 1986)造成呼吸困難，所以硝酸鹽累積的問題必須加以重視，追蹤植株氮素狀態亦宜列入栽培管理調查項目。

欲控制蔬菜植體內硝酸鹽含量，最直接有效的方法就是維持植體內適當的氮素含量，以避免刺激或促進生成硝酸鹽。而欲控制植體內氮素含量，就必須合理化氮肥的施用，並追蹤植體氮素狀態以掌握施肥量及施用時機。光譜遙測技術(spectral remote sensing technique)係以非接觸式的物理感測方法偵測作物植被之反射光譜，經預建之光譜特徵模式將即時遙測資訊估測出當時植體氮素狀態及硝酸態氮含量，達到非破壞性快速而大量檢測目的。如此，光譜遙測技術可被利用來經營與管理農田作物植體氮素及外添氮肥施用，並因而減少硝酸鹽過度累積。

本試驗以莧菜品種臺農一號爲試材，藉由植被光譜量測及生長性狀與植體氮素調查，期以篩檢相關光譜特徵，建立合適的光譜特徵模式以估測莧菜生長(產)及植株氮素與硝酸態氮狀態，助益於未來莧菜栽培之精準管理用途。

材料與方法

莧菜栽培管理

本研究於 2001-2002 年間在臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場進行三次田間試驗，以量測莧菜植被之反射光譜，並調查與分析莧菜植株之生長性狀及欲探討之植體化學組成，篩檢出相關光譜特徵和建立光譜特徵模式。另進行以驗證迴歸模式爲主的第四次田間試驗，於採收時量測光譜並調查性狀與分析組成，將各測值輸入以前三作季建立之各迴歸模式，比較估測值與實測值以檢驗模式在本試驗狀況之適用性。

田間栽培管理措施列於表 1，每次田間試驗取樣分析之土壤性質列於表 2。在第一次、第二次及第四次田間試驗，爲減少病蟲害發生，特於播種前整地並覆蓋 PE 塑膠布，且於田區四周架設 32 目紗網(高 1.5 m)圍籬環繞。另第一次田間試驗僅施用基肥，第三次試驗則增加有機牛糞堆肥(表 4)的施用，以中和強酸性土壤。

病蟲害防治採一致方法，播種後 7 日噴灑 35%滅達樂可濕性粉劑(metalaxyl, methy-D,L-N- (2,6-dimethylphenyl)-N-(2'-methoxyacetyl)-alanine methyl ester)一次，劑量 7.50 kg a. i. ha^{-1}，來防止腐黴菌(*Pythium* spp)之發生。播種後約 2 週噴施 90%納乃得可濕性粉劑(methomyl, S-Methyl-N- [(methyl-carbamoyl)-oxy] thioacetimidate)一次，劑量 0.5 kg a.i. ha^{-1}，稀釋倍數 3000X。雜草防除上，則以人工拔除方式，實施日期如表 1。田區設計係採用逢機完全區集設計(RCBD)，三重復，各次田間試驗之肥料(氮、磷、鉀肥)施用量及方法如表 3。莧菜種子播種量 10 kg ha^{-1} (6 g $subplot^{-1}$)，乃將種子與乾燥碎土充分混合後均勻撒佈土面。每一處理小區面積 1.5 m ×5.0 m (7.5 m^2)，畦溝寬 0.3 m。

表 1. 栽植於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所試驗農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)栽培措施

Table 1. Field practices for planting *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, at Taiwan Agricultural Research Institute Experimental Farm, Wufeng, Taiwan

Experiment	Date	Field practice
1st experiment	03/08/2001	Field plowing; soil analysis
	03/11/2001	Fertilization with basal dose (Table 2); furrow irrigation
	03/13/2001	Sowing
	03/13-26/2001	Sprinkling irrigation daily
	03/23/2001	Hand weeding
	03/27-04/09/2001	Furrow irrigation every other day
	04/10/2001	Sampling; harvest
2nd experiment	08/17/2001	First field plowing; covered the ground with PE plastics
	09/14/2001	Second field plowing; soil analysis; fertilization with basal dose (Table 2); furrow irrigation
	09/17/2001	Sowing
	09/17-30/2001	Sprinkling irrigation daily
	10/01/2001	Hand weeding; fertilization additional dose (Table 2)
	10/01-23/2001	Furrow irrigation every other day
	10/23/2001	Sampling; harvest
3rd experiment	02/12/2002	Application of $CaSiO_3$ (30,000 kg ha^{-1}) to neutralize pH of surface layer (0.3 m); first field plowing
	03/05/2002	Soil analysis; application of organic fertilizer (Table 4), 5,000 kg ha^{-1}; field plowing; fertilization with basal dose (Table 2)
	03/09/2002	Furrow irrigation
	03/12/2002	Sowing
	03/12-25/2002	Sprinkling irrigation daily
	03/26/2002	Hand weeding; fertilization additional dose (Table 2)
	03/26-04/09/2002	Furrow irrigation every other day
	04/10/2002	Sampling; harvest
4th experiment	08/03/2002	First field plowing; covered the ground with PE plastics
	08/28/2002	Second field plowing; fertilization basal dose (Table 2)
	09/02/2002	Furrow irrigation
	09/03/2002	Sowing
	09/03-14/2002	Sprinkling irrigation daily
	09/15/2002	Hand weeding; fertilization additional dose (Table 2)
	09/15-10/01/2002	Furrow irrigation every other day
	10/02/2002	Sampling; harvest

表 2. 試驗田區每次播種莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)前取樣之土壤分析結果

Table 2. Soil properties measured before planting of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1

Date & Treatment (N-P_2O_5-K_2O)	pH	Electrical conductivity (μS cm^{-1})	Organic matter (%)	Ammonium nitrogen (NH_4^+ - N, mg kg^{-1})	Nitrate nitrogen (NO_3^- - N, mg kg^{-1})
03/08/2001					
0-60-60	5.17	70.91	1.27	7.50	5.40
30-60-60	5.24	71.31	1.28	8.90	8.90
60-60-60	5.17	70.25	1.18	8.10	5.90
120-60-60	5.23	62.29	1.14	7.90	6.60
09/14/2001					
0-60-60	5.35	29.58	1.16	5.58	7.89
60-60-60	5.36	34.25	1.20	3.90	8.34
120-60-60	5.37	30.00	1.17	3.00	11.35
180-60-60	5.36	33.31	1.16	3.06	9.73
240-60-60	5.31	32.36	1.19	4.05	10.57
03/05/2002					
0-60-60	6.34	61.57	2.24	2.95	10.69
60-60-60	6.33	61.22	2.08	2.54	10.39
120-60-60	6.23	57.40	2.06	2.69	9.98
180-60-60	6.30	58.32	2.11	2.69	8.81
240-60-60	6.33	53.80	2.00	1.89	8.70
360-60-60	6.32	55.67	2.33	2.76	7.83
08/28/2002					
0-60-60	6.59	117.70	2.07	1.05	50.01
60-60-60	6.48	101.90	2.21	0.68	32.62
120-60-60	6.35	138.00	2.03	1.59	79.39
180-60-60	6.54	104.10	2.16	1.93	49.26
240-60-60	6.54	106.80	2.04	0.77	49.62
360-60-60	6.43	136.10	2.09	0.81	64.63

表 3. 不同田間試驗施用之肥料及氮肥處理(肥料：硝酸銨-過磷酸鈣-氯化鉀)

Table 3. Fertilizer application methods and nitrogen treatments for the experiments (Fertilizers: Ammonium nitrate-Ordinary superphosphate-Potassium chloride)

Treatment (N-P_2O_5-K_2O)	Experiment	Basal dose (g $subplot^{-1}$)	Additional dose (g $subplot^{-1}$)
0-60-30	1	0-250-37.5	0-0-0
30-60-30	1	67-250-37.5	0-0-0
60-60-30	1	134-250-37.5	0-0-0
120-60-30	1	269-250-37.5	0-0-0
0-60-60	2,3,4	0-250-37.5	0-0-37.5
60-60-60	2,3,4	67-250-37.5	67-0-37.5
120-60-60	2,3,4	134-250-37.5	134-0-37.5
180-60-60	2,3,4	201-250-37.5	201-0-37.5
240-60-60	2,3,4	269-250-37.5	268-0-37.5
360-60-60	3,4	402-250-37.5	402-0-37.5

莧菜植株性狀與化學分析

每一作季當莧菜植株生長至採收時，則予量測植被之反射光譜，同時調查並分析莧菜地上部植體之鮮產量(kg m^{-2})、乾物質百分比(%)、硝酸鹽(%，鮮重)、全氮(%，乾重)及葉片葉綠素總量(mg g^{-1}，鮮重)。

葉片之葉綠素總量，係自各氮肥處理小區之光譜量測區域逢機取樣莧菜 6 株，在葉片上以打孔器擷取直徑 0.7 cm 之圓形片約 0.1 g，分析各株之葉綠素總量(leaf total chlorophyll)。再將每處理小區之剩餘植株樣本混合，經 70-80℃烘乾 72 h 後磨碎篩濾(0.1 mm)，取粉狀試材分析地上部植體全氮(aboveground N)含量。每處理小區至少三重複樣本分析，取平均值爲小區代表值。又每小區另割取 0.5 m ×0.5 m (0.25 m^2) 莧菜植株，稱取鮮產量(fresh yield)及乾產量(80℃烘乾約 48 h)。再將烘乾試材磨碎，通過 20 mesh 篩網，取粉狀試材分析硝酸鹽(nitrate)。

葉片之葉綠素總量化學分析方法係參照 Arnon(1949)之修正，如李等(2002)、楊等(2003)、Lee & Yang (1999)及 Yang & Lee (2001)，將每株均各取約 0.1 g 葉圓片，加入約 0.1 g 海砂及約 2 ml 液態氮，以研杵磨碎後加入 80%丙酮 10 ml 萃取出葉綠素，溶液以 2,500 rpm (825 *g*) 離心 10 min。取上層溶液以光電比色計(model DU-68, Beckman Inc., USA)讀取吸收率測值，由下列公式計算葉綠素總量: Leaf total chlorophyll (mg)= (D652xV) /34.5×W，其中 D652 爲在 652 nm 波長之吸收率測值，V 爲上層溶液之容積(ml)，W 爲葉片樣本之鮮重(g)。

莧菜地上部植體全氮含量測定，係以修正之 Kjeldahl 方法分析全氮含量，如李等(2002a)及楊等(2003)。將各處理小區混合植株磨篩之粉狀材料秤取約 0.05-0.1 g 樣本，每小區 3-6 重複，各樣本置入 50 ml 分解瓶，加入 0.2 g 催化劑(K_2SO_4:$CuSO_4 \cdot 5H_2O$: Se= 50:10:1, w/w)及 36 N 濃硫酸 4 ml，於 360-410 ℃電爐上加熱約 2 h 至溶液呈淡青綠色，取出冷卻至室溫後加入去離子水(NANOpure, Ultrapure Water System, Barnstead/ Thermolyne Inc., Iowa, USA)至 50 ml 稀釋之。經均勻混合後，取 5 ml 稀釋液於蒸餾管，加入 10 N NaOH 溶液 5 ml，以蒸餾方式收取冷凝之蒸氣於加溴酚藍之 4%硼酸溶液(4 ml)。當顏色由紅轉成紫藍，再以 0.01 N HCl 溶液滴定，使顏色由紫藍再轉成紅爲止，記錄滴定量。樣本全氮含量(%)由下列公式計算: N (%)=(0.01×W_N×V×50 ml/5 ml×1/W)×100%，其中 V 爲 HCl 之滴定量(ml)，W 爲樣本重量(mg)，W_N 則爲氮素原子量(14 g)。

地上部植體硝酸鹽之化學分析如王等(1994a, 1994b)方法，秤取前述 0.25 m^2 莧菜植株混合磨篩之粉狀樣品 0.1g 置於 20 ml 試管，加純水 10 ml 後振搖混勻，置於 80℃水浴震盪器以 180 rpm 轉速震盪 30 min。取出冷卻，加一小匙活性碳脫色，過濾後溶液(抽出液)以紫外光分光光度計(U-2000, Hitachi, Ltd., Japan)量測，波長設於 210 nm。若吸收率測值大於標準曲線範圍，則溶液加入純水稀釋，再讀取測值。標準曲線製作，係配製含有 0、1、2、3、4 及 5 mg L^{-1} 硝酸鹽的標準溶液，經紫外光分光光度計(210 nm)，繪製濃度與吸收率的迴歸曲線，決定係數(R^2)大於 0.995。本試驗之樣品若曾經稀釋，再乘上稀釋倍數(如 0.1 g 加水 10 ml 爲 100 倍)，使符合標準曲線範圍之樣本分析測值，以換算出乾燥樣本之硝酸鹽含量及新鮮樣本硝酸鹽含量。

表 4. 第三次田間試驗施用之有機牛糞堆肥組成分及碳氮比(pH 8.7, Electrical conductivity: 13.9 dS m^{-1})

Table 4. Chemical compositions and c/n ratio of the organic compost (pH 8.7, electrical conductivity: 13.9 dS m^{-1}) applied in the third experiment

Item	Percentage (%)
Organic matter	53.90
Total nitrogen	1.79
P_2O_5	1.93
K_2O	3.39
CaO	3.40
MgO	1.62
Na	0.58
C/N ratio (%)	16.40

篩檢莧菜植被光譜特徵及建立估測性狀之光譜特徵模式

莧菜植被反射光譜近地面量測係以田間攜帶式高解析輻射光譜分(層)析儀(spectroradiometer, model GER-2600, Geophysical & Environmental Research Corp., Millbrook, NY, U.S.A.)爲之，量測不等氮肥施用量之各處理小區植被反射光輻射(radiance)，量測波段範圍介於 350-2400 nm；其中 350-1050 nm 波段範圍之波距(bandwidth)約 1.5 nm，1050-2400 nm 波段範圍之波距 11.5 nm。光譜分析儀之矩陣式光輻射感測器具有 10 度視角(FOV)，固定於距離植被約 1.5 m 之高空作業車(mobile lift)上，以垂直方式偵測(nadir viewing)植被之反射光譜，每測點約爲直徑 0.26 m 之圓面積區域。每一處理小區逢機量測 6 個不同目標測點植被光譜，每一目標測點預設爲 4 次掃描之平均值，再取 6 目標區測值之均值爲該處理小區之代表值。反射比(%)係由植被目標區域之各窄波對光輻射除以同波段之標準白板('Spectralon', Labsphere, Inc., USA)反射光輻射(即參考值)來計算，由各窄波段與其對應之反射比描繪出反射光譜曲線。植被光譜量測時間約自上午 10:00 至 11:30 之間，選擇幾近晴朗無雲時段偵測，以減少太陽入射角及遮雲的干擾。

光譜特徵之篩檢係先將反射光譜(350-2400 nm)之各窄波段反射比與調查性狀進行簡單直線相關強度分析，篩檢與調查性狀最大絕對值相關係數之窄波段位置，並繪出該窄波段反射比與調查性狀之關係曲線。續計算不同植被光譜指數(canopy spectral index)，比較各光譜指數與調查性狀之相關，找出相關顯著之特定光譜指數。光譜指數中，由反射光譜曲線之波形篩檢綠光波段之反射比峰點(GREEN)、紅光波段之反射比谷點(RED)及近紅外光波段之反射比頂點(NIR)爲光譜曲線特徵窄波段，由三窄波段反射比之個別及相互比值探討 GREEN、RED、NIR、RED/NIR ratio、GREEN/NIR ratio、RED/GREEN ratio、NDVI 及紅光臨界斜率(RES, red edge slope)等光譜指數和調查性狀之關係。其中，NDVI 爲(NIR-RED)/(NIR+RED)之比值，RES 爲(NIR-RED)/2 反射比所在窄波段位置(λ(NIR-RED)/2)之斜率，而 λGREEN、λRED、及 λNIR 則分別爲反射比 GREEN、RED 及 NIR 之窄波段中心位置。

統計分析

多元直線複迴歸分析(multiple linear regression analysis)係由統計軟體 SAS 8.1 進行共線性分析(collinearity diagnostics)及逐步迴歸分析(step-wise regression analysis)，建立前三次田間試驗各調查性狀之決定係數大於 0.5 的多元直線迴歸模式，即變數最少且決定係數大於 0.5 之多元直線迴歸模式。前三次田間試驗資料亦經 SAS 8.1 進行作季間的虛擬變數(dummy variable)檢定，發現作季間資料未達顯著水準，因此將前三次田間試驗資料合併分析，以提高模式在不同作季之適用性。

結　　果

將前三次田間試驗莧菜採收前量測各氮肥處理小區植被反射光譜範圍(350-2400 nm)之各窄波段反射比與調查性狀進行簡單直線相關分析，獲得之相關強度曲線繪於圖 1。相關強度曲線顯示各窄波段之反射比與各調查性狀之相關程度不一，地上部鮮產量、葉片葉綠素總量、乾物質百分比(percent dry matter)、葉面積(leaf area)、地上部植體硝酸鹽含量及地上部植體全氮含量等性狀之相關係數絕對值最大之窄波段位置，分別座落於 767 nm (r=-0.741**)、574 nm (r=-0.492*)、779 nm (r=-0.645**)、574 nm (r=-0.628**)、1975 nm (r=0.697**)及 577 nm (r=-0.506*)。這些特定光譜特徵之反射比與調查性狀實測值之迴歸分析結果列於圖 2，顯示直線迴歸模式可以反映光譜特徵與性狀之關係。

將另一次(即第四次)田間試驗植被光譜之各光譜特徵反射比輸入上述之直線迴歸模式求取估測值，以與第四次試驗之實測值進行比較，檢驗所建立迴歸模式之適用性(圖 3)。根據比較結果，以葉片葉綠素總量(R^2=0.228, P=0.045)及地上部植體全氮含量(R^2=0.492, P=0.001)等二性狀之估測值與實測值相關顯著。

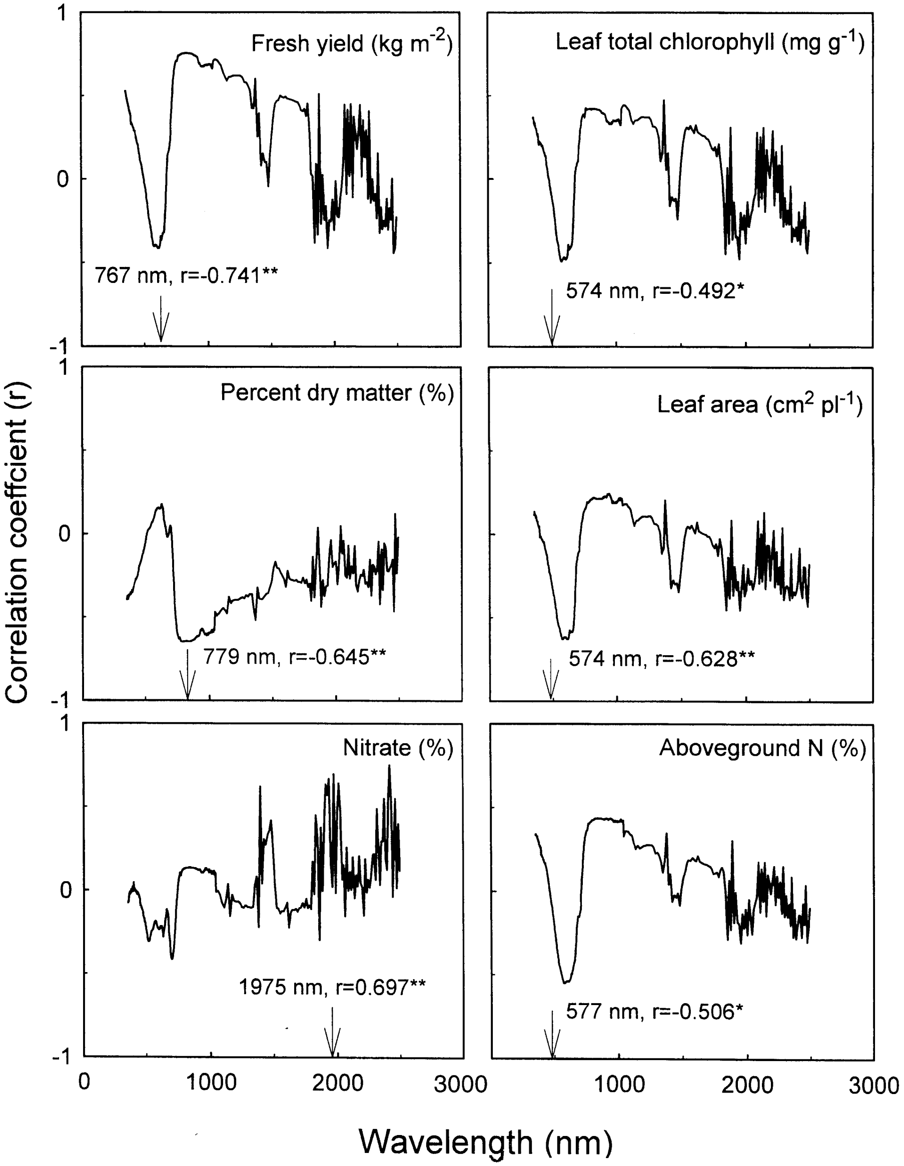

圖 1. 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植被反射光譜(350-2400 nm)各窄波段反射比與六種不同植株性狀之相關強度分析曲線。圖中標示出最大絕對值相關係數所在窄波段位置。

Fig. 1. Correlation intensity analyses of canopy spectral reflectance in the range of 350-2400 nm to six different plant characters for *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002. The narrow wavebands at the maximum absolute value of correlation coefficient were marked.

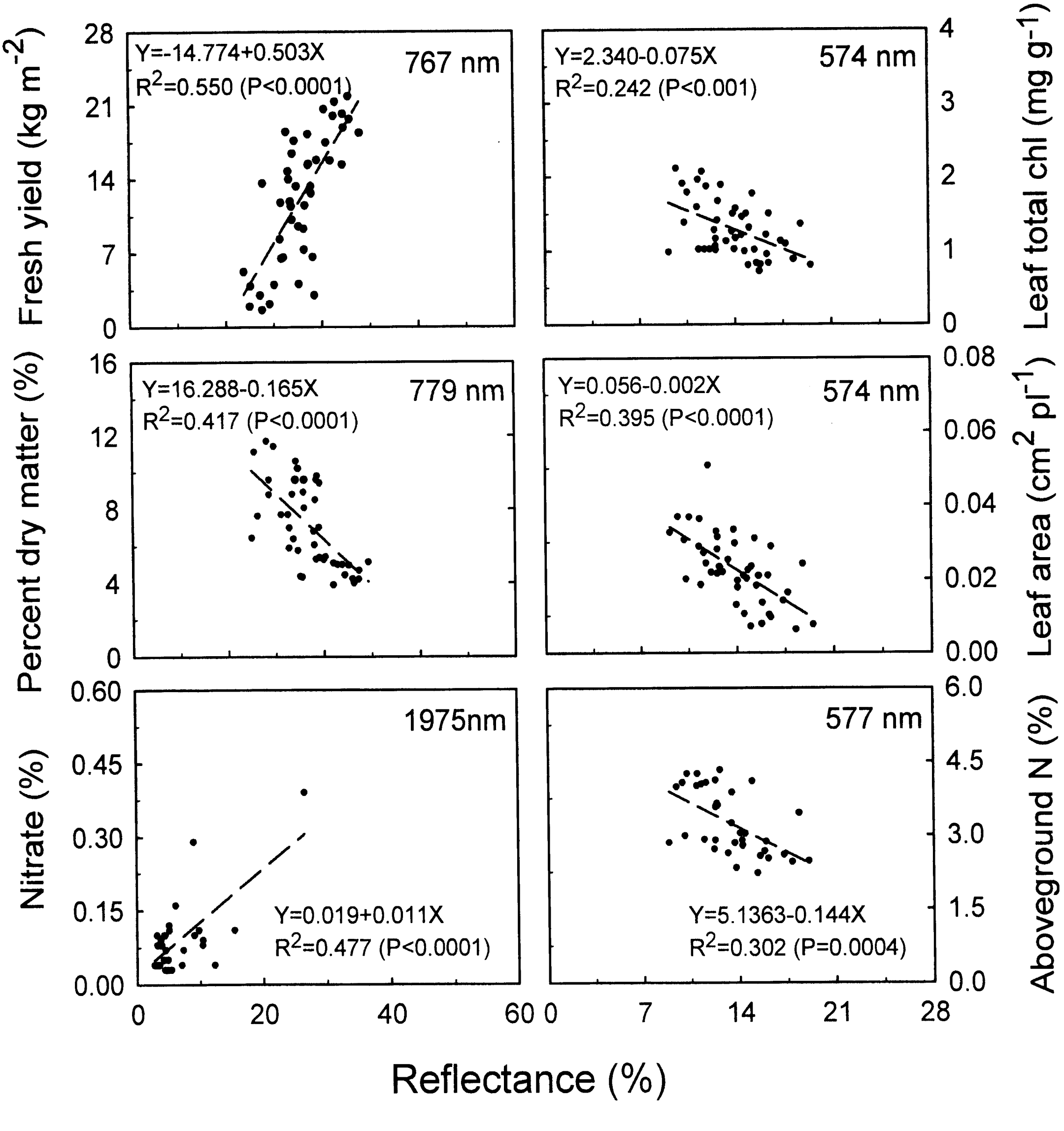

圖 2. 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株六種不同植株性狀與相對應植被反射光譜中最大絕對値相關係數所在窄波段位置反射比之直線迴歸相關。

Fig. 2. The linear relationships between different plant characters and corresponding canopy spectral reflectance at the maximum value of correlation coefficient for *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.

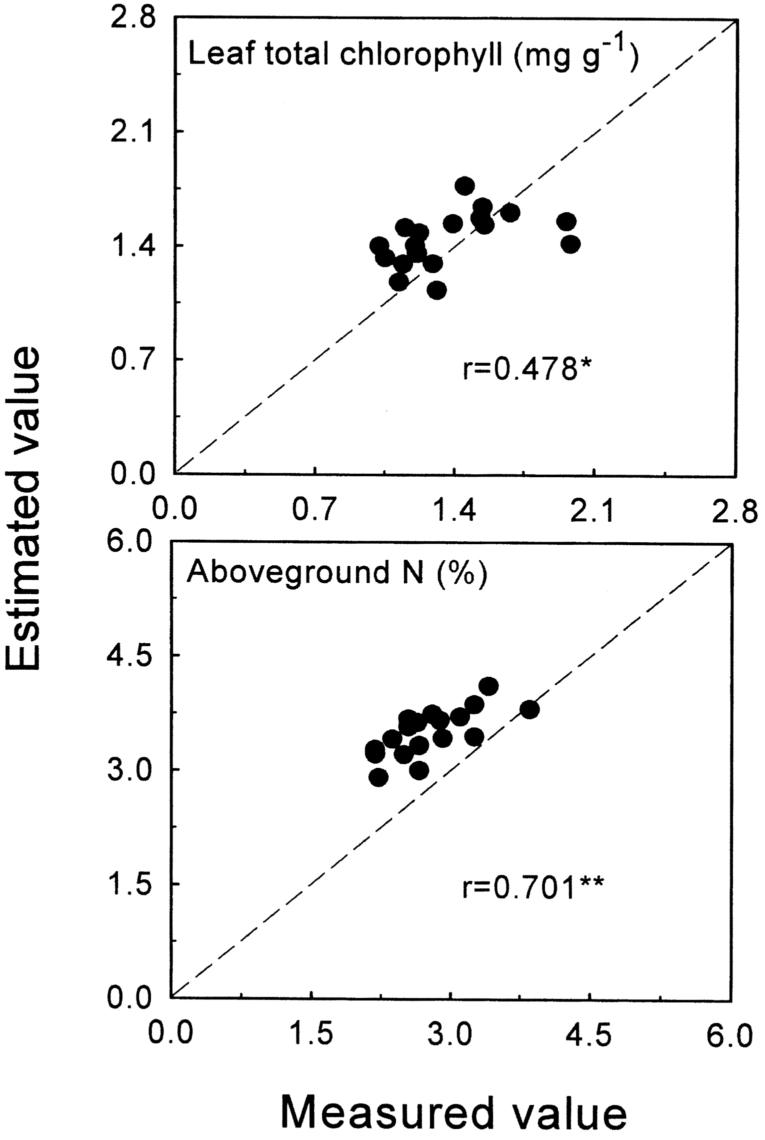

圖 3. 田間試驗資料驗證 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株所建立葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量與相對應植被反射光譜中最大絕對值相關係數所在窄波段位置反射比之直線迴歸模式。

Fig. 3. Validation of linear regression models in leaf total chlorophyll and aboveground nitrogen with corresponding canopy spectral reflectance at the maximum value of correlation coefficient using data collected from another experiment for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.

續分析八種植被光譜指數與六種調查性狀之關係，發現地上部鮮產量與 GREEN/NIR ratio、RED/NIR ratio 及 NDVI 等三光譜指數均呈現顯著直線相關(圖 4)，決定係數(R^2)分別爲 0.745(P<0.0001)、0.750(P<0.0001)及 0.753(P<0.0001)。地上部植體全氮含量與 GREEN、RED/NIR ratio、GREEN/RED ratio 及 NDVI 等四光譜指數呈現曲線相關(圖 6)，決定係數(R^2)分別爲 0.287(P=0.0032)、0.632(P<0.0001)、0.418(P=0.0001) 及 0.635(P<0.0001)。葉片葉綠素總量則與 GREEN 及 GREEN/RED ratio 等二光譜指數呈現曲線相關(圖 8)，決定係數分別爲 0.215(P=0.0063)及 0.260(P=0.0018)。

又將第四次田間試驗之光譜指數輸入這些迴歸模式比較估測值與實測值後，發現估測值與實測值相關顯著(圖 5、圖 7 及圖 9)。

多元直線複迴歸分析結果顯示，在所調查前三次田間試驗的六項性狀中，地上部鮮產量及全氮含量可以二元直線迴歸模式表示，決定係數分別達 0.852 及 0.761；葉面積可以三元直線迴歸模式表示，決定係數 0.545；葉片葉綠素總量、地上部植體乾物質百分比及地上部植體硝酸鹽含量則可以四元直線迴歸模式表示，決定係數分別爲 0.697、0.693 及 0.822(表 5)。

經將第四次田間試驗之相對應光譜特徵輸入這些不同的多元直線迴歸模式比較估測值與實測值後，發現除了葉面積之外，其餘五項性狀之估測值與實測值相關均達顯著(圖 10)。

表 5. 莧菜(*Amaranthus mangostanus* L. cv. TNG 1)植株性狀之多元直線迴歸模式。各性狀之最佳 2 元、3 元或 4 元直線迴歸模式(R^2>0.5)分列於表中

Table 5. Summary of multiple linear regression analyses for relationships between spectral reflectance of the selected narrow bands and plant characters of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1. The best 2-, 3-, and 4-variable models (R^2>0.5) for the specific characters are listed

Plant character	$Y_4=a+a_1R_{\lambda1}+a_2R_{\lambda2}+a_3R_{\lambda3}+a_4R_{\lambda4}$ [y]					N	R^2	P
	a	a_1	a_2	a_3	a_4			
Fresh yield(kg m^{-2})[z]	0.155	-1.733	0.568			45	0.852	<0.0001
Leaf total chl(mg g^{-1})	1.027	0.281	-0.119	0.085	-0.089	45	0.697	<0.0001
Percent dry matter(%)	14.899	-0.933	0.605	-0.225	0.147	45	0.693	<0.0001
Leaf area(m^2 pl^{-1})	0.045	-0.003	-0.003	0.003		45	0.545	<0.0001
Nitrate(mg kg^{-1})	-0.035	0.051	-0.028	0.006	0.007	45	0.822	<0.0001
Aboveground N(%)	2.602	0.472	-0.238			38	0.761	<0.0001

[z] Fresh yield: λ1=609 nm, λ2=767 nm; leaf total chl: λ1=354 nm, λ2=574 nm, λ3=1022 nm, λ4=1038 nm; percent dry matter: λ1=352 nm, λ2=693 nm, λ3=779 nm, λ4=1604 nm; leaf area: λ1=574 nm, λ2=965 nm, λ3=1025 nm; nitrate: λ1=398 nm, λ2=514 nm, λ3=1392 nm; λ4=1975 nm; aboveground N: λ1=350 nm, λ2=577 nm.

[y] $Y_2=a+a_1R_{\lambda1}+a_2R_{\lambda2}$, $Y_3=a+a_1R_{\lambda1}+a_2R_{\lambda2}+a_3R_{\lambda3}$, and $Y_4=a+a_1R_{\lambda1}+a_2R_{\lambda2}+a_3R_{\lambda3}+a_4R_{\lambda4}$, respectively, are the best 2-, 3-, and 4-variable models for the specific characters; where Y_i is the estimated value of character, a_i is the parameter of λi, and $R_{\lambda i}$ is spectral reflectance of the selected narrow band λi.

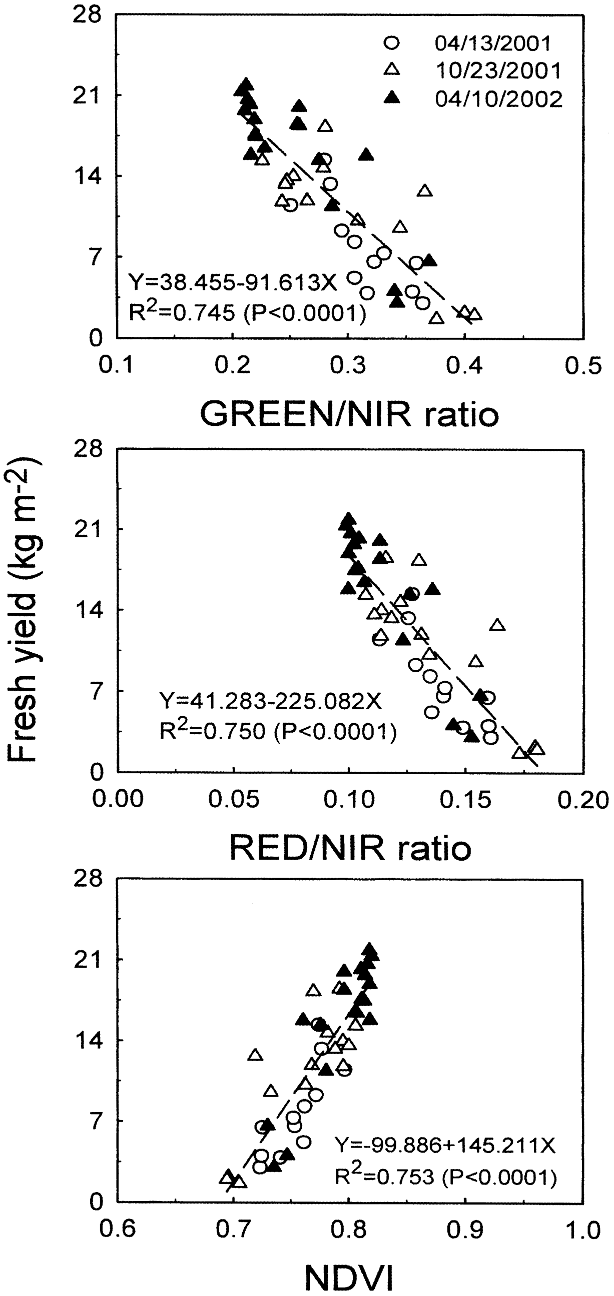

圖 4. 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)地上部鮮產量與不同植被光譜指數之直線迴歸相關。

Fig. 4. The linear relationships between fresh yield and different canopy spectral indices for *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002. (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index.)

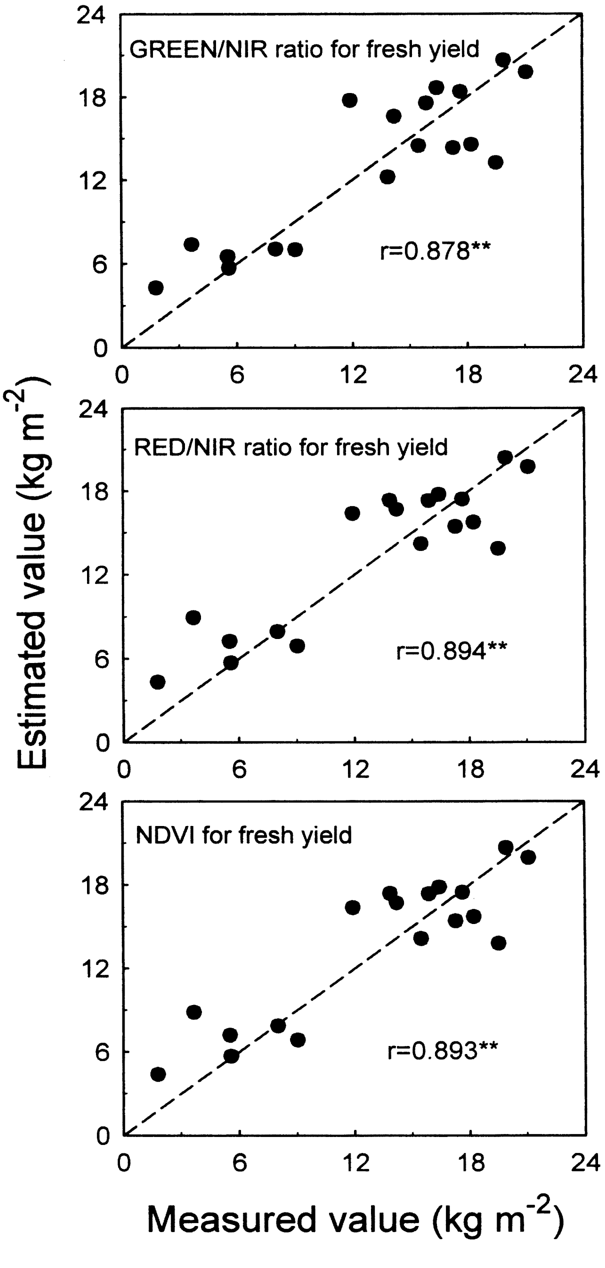

圖 5. 田間試驗資料驗證 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜 (*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株所建立地上部鮮產量與不同植被光譜指數之直線迴歸模式。 *：5%顯著水準；**：1%顯著水準。

Fig. 5. Validation of linear regression models in fresh yield with various canopy spectral indices using data collected from another experiment for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.*,**, Significant at 5% and 1% levels, respectively.

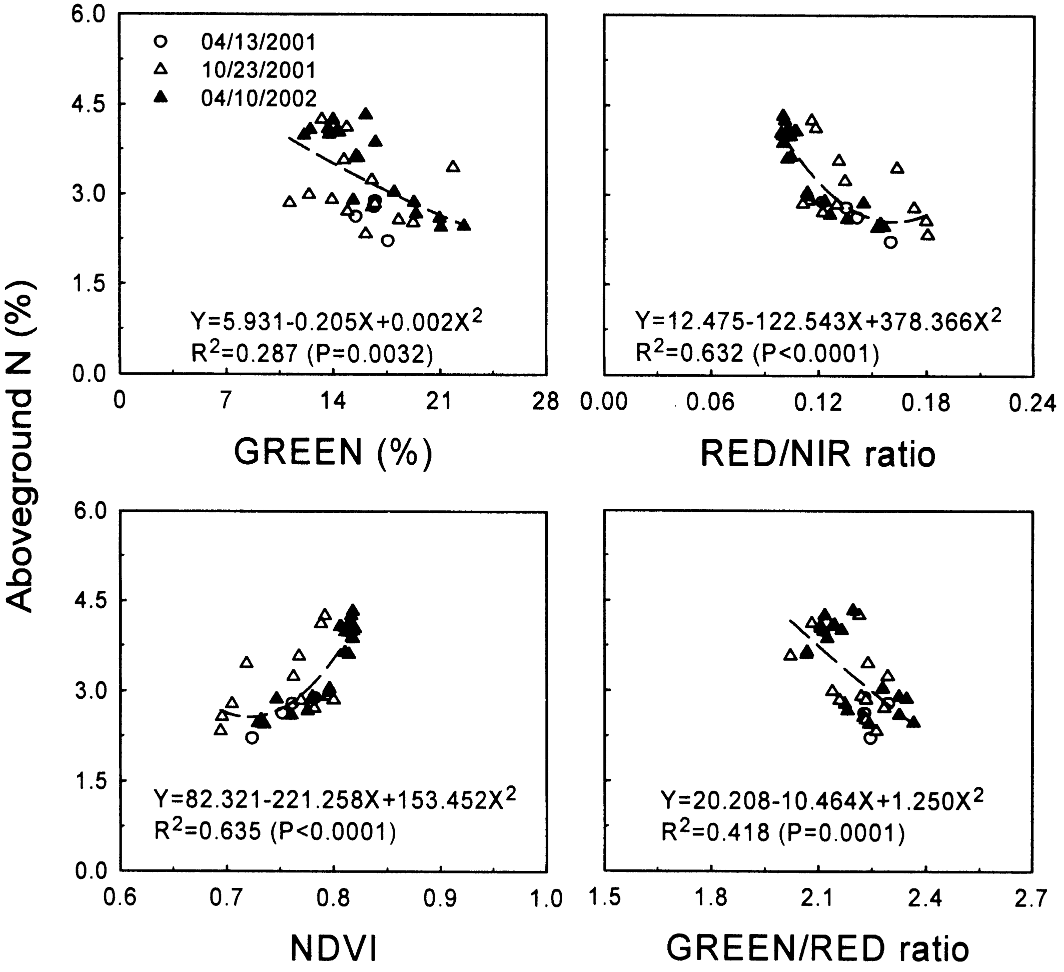

圖 6. 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)地上部植體全氮含量與不同植被光譜指數之曲線迴歸相關。

Fig. 6. The curvilinear relationships between aboveground nitrogen and different canopy spectral indices for *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002. (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index.)

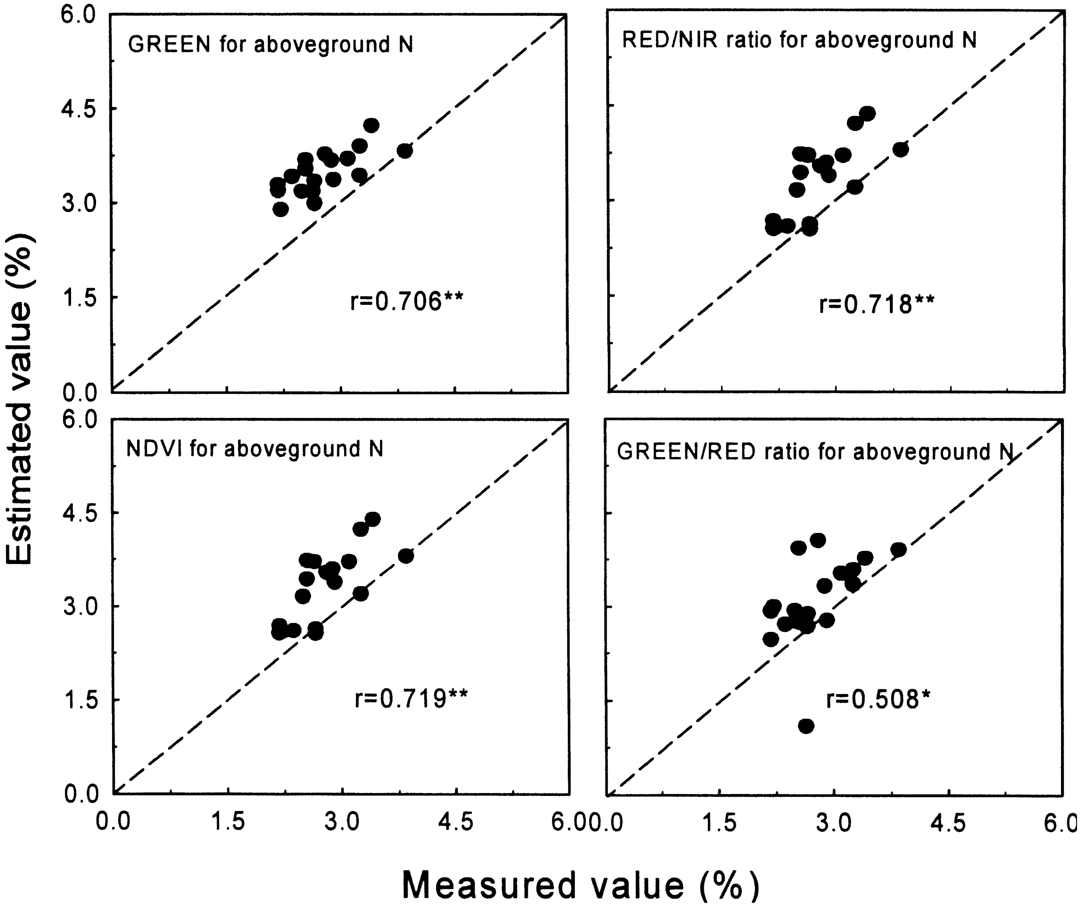

圖 7. 田間試驗資料驗證 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株所建立地上部植體全氮含量與不同植被光譜指數之曲線迴歸模式。

Fig. 7. Validation of curvilinear regression models in aboveground nitrogen with various canopy spectral indices using data collected from another experiment for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002. (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index.)

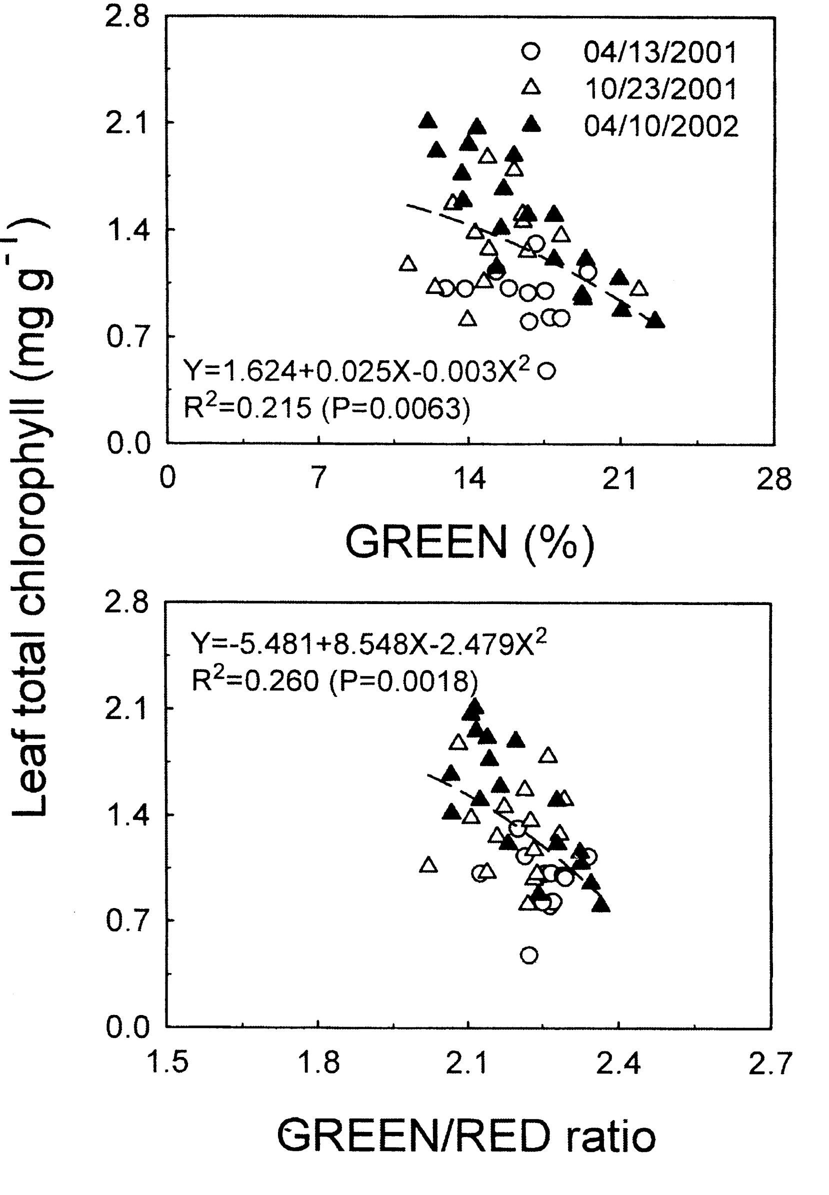

圖 8. 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)葉片葉綠素總量與不同植被光譜指數之曲線迴歸相關。

Fig. 8. The curvilinear relationships between leaf total chlorophyll and different canopy spectral indices for *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.

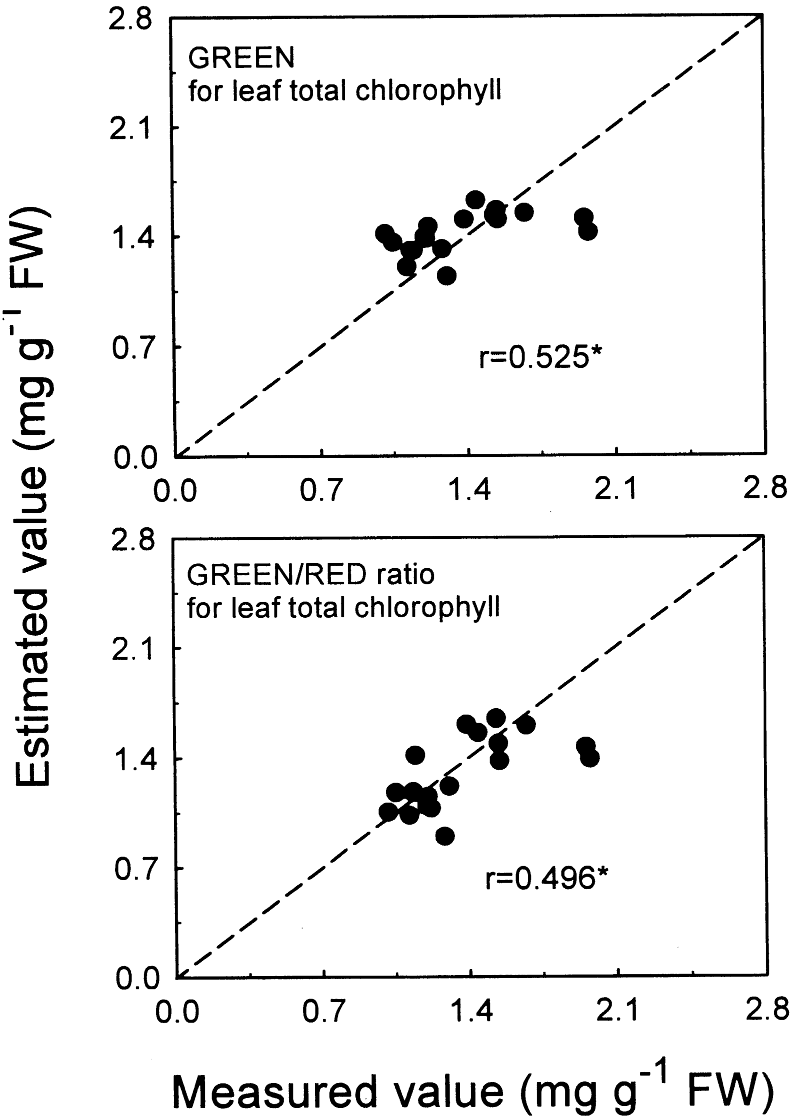

圖 9. 田間試驗資料驗證 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株所建立葉片葉綠素總量與不同植被光譜指數之曲線迴歸模式。

Fig. 9. Validation of curvilinear regression models in leaf total chlorophyll with various canopy spectral indices using data collected from another experiment for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.

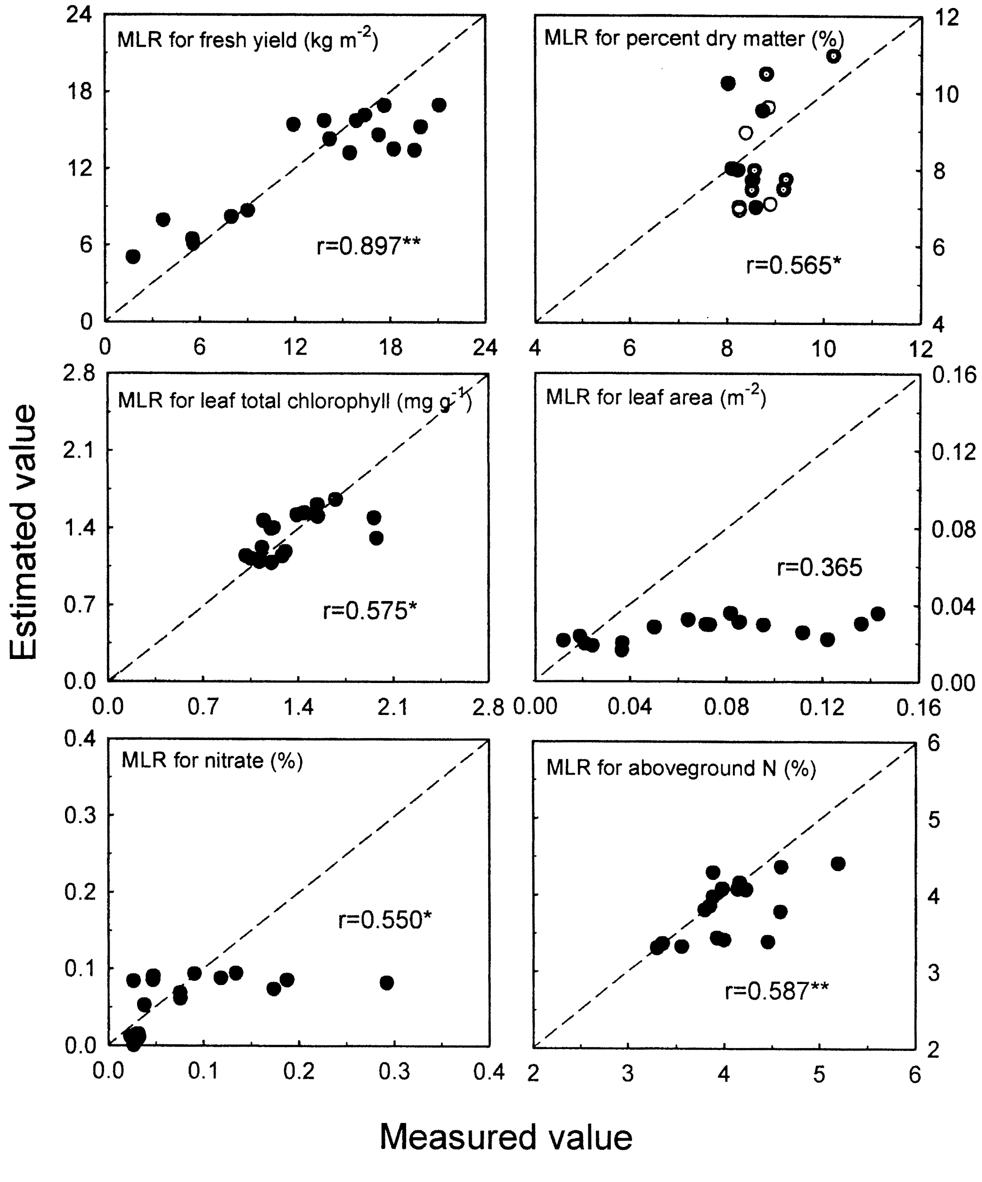

圖 10. 田間試驗資料驗證 2001-2002 年生長季節栽培於臺中縣霧峰鄉行政院農委會農業試驗所農場之莧菜(*Amaranthus mangostanus* L., cv. TNG 1)植株所建立六種不同植株性狀與不同植被光譜特徵之多元直線迴歸模式。

Fig. 10. Validation of multiple linear regression models in six different plant characters with corresponding spectral characteristics using data collected from another experiment for plants of *Amaranthus mangostanus* L., cultivar TNG 1, grown at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) in the growing seasons of 2001-2002.

討 論

本研究共進行四次田間試驗，觀察施以不等量氮素肥料之莧菜植株表現，根據植被外觀，顯示出氮肥施用量將影響莧菜生長與生產，可歸之於植被外觀徵狀的綜合反應。然而文獻資料指出(張等 1998；Maynard *et al.* 1976)，施用高量氮肥雖有增產效果，卻可能促進蔬菜(如甘藍)葉片中硝酸態氮含量的升高。由於當累積的硝酸鹽達一定程度後即有可能危害人體健康(Tadeo 1994)，而且土壤內高氮素含量是植體累積硝酸鹽的主要因子(Kowal & Barker 1981)。因此建議在追求增產的同時，仍應考慮適量氮肥的施用，以及過量植體硝酸鹽含量之負面影響。

由前三次田間試驗於採收前量測之植被反射光譜各窄波段反射比與調查性狀進行簡單直線相關分析結果，可知各窄波段之反射比與各調查性狀之相關程度不一(圖 1)，而且不同性狀之相關係數絕對值最大之窄波段位置亦不一致，地上部鮮產量、葉片葉綠素總量、乾物質百分比、葉面積、地上部植體硝酸鹽含量及地上部植體全氮含量等性狀分別座落於 767 nm、774 nm 、779 nm、574 nm 、1975 nm 及 577 nm。續由這些特定光譜特徵反射比與調查性狀實測值之迴歸分析結果，顯示直線迴歸模式可以反映光譜特徵與性狀之關係(圖 2)，據此本研究前三次田間試驗於採收時段之各性狀表現，可藉由各特定光譜特徵之反射比予以估測，顯示分別受到植被覆蓋率、葉綠素產生、光合作用效率及植體水分含量等多重影響(Clevers, 1986; Elvidge & Chen, 1995; Tucker, 1979)。但是經以另一次(即第四次)田間試驗之各光譜特徵反射比輸入上述之直線迴歸模式求取估測值與實測值比較後(圖 3)，則發現僅葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量等二性狀之估測值與實測值相關顯著，顯示惟有此二項性狀前三次田間試驗測值建立之單波段迴歸模式適用於第四次田間試驗條件，具有較爲穩定的反應、對應徵狀及敏感光譜特徵，而其他四項調查性狀並無法以單一窄波段光譜特徵予合理估測。

在水稻的研究上，Yang (2001)發現施用不等量的氮肥將影響水稻植被反射光譜，其中有六個窄波段可以反應出不等氮肥量造成的差異。經進一步探討，更篩檢出 1376 nm 窄波段之反射比對稻株葉片氮素含量具有敏感反應。由於最適窄波段位於短波紅外光波段，可見氮素含量的高低將影響水稻組織結構及水分含量。李等(2002b)的報告則指出，在近紅外光的 735 nm 窄波段微分值與稻株幼穗形成期的氮素含量呈顯著正相關，則反應出氮素對植被覆蓋表現的密切影響。惟此波段反射比與氮素含量關係爲一曲線相關，因此限制了此光譜特徵在高氮素含量狀況下的估測。該項研究結果顯示了外施氮素肥料確實將會改變作物植被反射光譜的波動，而內在植體的氮素含量高低可以反應在光譜特徵的改變，因此若能篩檢出屬於植體大量元素的氮素相對應的光譜特徵，將可據以推估植體的氮營養狀態。然而值得注意的是，此一光譜特徵的篩選應當符合理論邏輯，能夠解釋氮素變化造成生理代謝或外觀徵狀上的差異，投射在直接或間接上的關聯。李&楊(2002)在水稻單葉光譜研究上，發現紅光波段及藍光波段計有四條與葉綠素高相關之光譜特徵，其中以紅光波段 664、652 及 644 nm 之決定係數(R^2)高於藍光波段之 434 nm。本研究在所調查莧菜的六項性狀，似乎與植被生長有關的近紅外光(如地上部鮮產量、葉片葉綠素總量、乾物質百分比)、顏色有關的可見光(如葉面積、地上部植體全氮含量)及水分含量有關的中紅外光(如地上部植體硝酸鹽含量)等變動相連結，其互動關係，則仍待深入探究。

遙測技術的發展與應用，自從美國大地衛星 Landsat 於 1972 年發射及後續資源衛星升空從事商業運轉以來，已有非常驚人的進步。針對衛星波段和地物關係的研究及應用，由於早期的衛星多以寬頻感測器爲主，因此光譜指數(spectral index)的衍生獲得普遍的認同及採用。光譜指數通常選用 1-3 個特徵波段，依波段代表的物理化學意義組合成邏輯運算式，用以連結作物植被的外觀徵狀而賦予估測與追蹤的功能(Anderson & Hanson 1992; Baret & Guyot 1991; Clevers 1986; Elvidge & Chen 1995; Gilabert *et al.* 1996; Huete 1988; Wiegand *et al.* 1991)。例如，紅光波段的反射比被發現與葉綠素濃度呈現反比關係，近紅外光波段反射比則與葉面積大小爲正相關(Knipling 1970; Price 1992; Price & Bausch 1995;

Tucker 1979)。這些基於波段比值所建立的光譜指數，例如 NDVI (Rouse *et al*., 1974)及 SAVI (soil-adjusted vegetation index，土壤校正植被指數) (Huete 1988)，也由於具有降低光源背景干擾的作用而普受歡迎，其資料的取得與計算均簡便易行。目前光譜指數已被廣應用於許多農業生產模式及過程，包括估測與追蹤生長表現、評估栽培管理措施成效等(Clevers 1986; Elvidge & Chen 1995; Gilbert *et al*. 1996; Rouse *et al*. 1974; Tucker *et al*. 1979).

本研究在植被光譜指數與調查性狀之關係分析結果，發現光譜指數與調查性狀之相關性不一，地上部鮮產量與 GREEN/NIR ratio、RED/NIR ratio 及 NDVI 等三光譜指數呈顯著直線相關(圖 4)，地上部植體全氮含量與 GREEN、RED/NIR ratio、GREEN/RED ratio 及 NDVI 等四光譜指數呈曲線相關(圖 6)，而葉片葉綠素總量則與 GREEN 及 GREEN/RED ratio 等二光譜指數呈曲線相關(圖 8)。經將另一次田間試驗之光譜指數輸入這些迴歸模式比較估測值與實測值後，發現此三項調查性狀前三次田間試驗測值建立之迴歸模式適用於第四次田間試驗條件。換言之，在本研究之四次田間栽培環境下，地上部鮮產量、葉片葉綠素總量及地上部植體全氮含量等三項性狀可由特定光譜指數予以合理估測。同樣的，不同調查性狀與特定植被光譜指數的相關，雖然均與 GREEN、RED 及 NIR 等三項光譜特徵代表的生理與形態意義有關，在光譜特徵之間的消長和比例變化及其與性狀的關係尚未完全釐清之前，上述迴歸模式仍屬於半機制式模式(semi-mechanistic models)。

為提高模式涵蓋試驗資料之變異性，再進行多元直線複迴歸分析。結果顯示在所調查前三次田間試驗的六項性狀中，地上部鮮產量及全氮含量可以二元直線迴歸模式表示，葉面積可以三元直線迴歸模式表示，葉片葉綠素總量、地上部植體乾物質百分比及地上部植體硝酸鹽含量則可以四元直線迴歸模式表示(表 5)。經將另一次田間試驗之相對應光譜特徵輸入這些不同的多元直線迴歸模式比較後，發現除了葉面積之外，其餘五項性狀可藉由特定之多元直線迴歸模式提高對性狀變異的估測準確度，適用於本研究栽培環境(圖 10)。

綜合本研究結果，顯示可由莧菜植被反射光譜篩檢出特定的光譜特徵，由光譜特徵與性狀之迴歸模式進行對植株生長及植體氮素狀態等性狀的估測。不同的光譜特徵及其組合(如單一窄波段、光譜指數及多元直線迴歸模式)，各有其適用栽培環境和性狀，對性狀變異範圍的估測準確度亦不相等。又研究亦發現，組合多個光譜特徵之多元直線迴歸模式確可提高對莧菜植株生長及氮素狀態合理估測的準確度，尤其是針對莧菜植體硝酸鹽含量的估測需要較多植被光譜特徵，以提高估測準確度。由於莧菜採收當時的植被覆蓋率已達 100%，因此本研究量測之植被反射光譜並未受到土壤背景之干擾，試驗結果當可延用於田間實際栽培狀況。陳&楊(2002)在水稻的研究上，也篩檢出單一窄波段光譜特徵以估測稻株生長，並由多元直線複回歸分析選取 2-3 個光譜特徵建立多特徵窄波段組合的多元直線迴歸模式，獲得較高準確度之估測。雖然本研究之試驗結果顯示其實用性，然而有關所篩檢出的光譜特徵組合與調查性狀之間的學理依據，仍需要解剖學、生理學、物理化學及形態學等專業領域上的進一步探討與敘理，才能眞正奠定完整的理論基礎。

誌　　謝

本文研究承行政院農業委員會農業試驗所經費(91 農科-5.1.3-農-C1)支持，特以致謝。

引用文獻

李裕娟、楊純明。2002。水稻單葉光譜特徵與葉綠素濃度之關係。航測及遙測學刊。7(4):41-52。

李裕娟、楊純明、張愛華。2002a。施用氮肥對水稻植株氮素、葉綠素及植被反射光譜之影響。中華農業研究 51(1):1-14。

李裕娟、張愛華、申雍、章國威、楊純明、羅正宗。2002b。稻株氮營養狀態檢測技術。p.102-112。應用於水稻精準農業體系之知識與技術。楊純明、林俊義主編。行政院農業委員會農業試驗所出版，臺中縣。

吳正宗、王銀波。1995。一些影響小白菜硝酸態氮含量的環境因子。中國農業化學誌 3(2):125-133。

陳榮坤、楊純明。2002。以近地面高解析植被光譜及模擬 SPOT 衛星寬頻光譜估測水稻生長性狀的變化。中華農業研究 51(4):1-18。

張建生、呂文通、詹朝清。1998。不同型態氮肥對結球菜類生育之影響。臺灣省花蓮區農業改良場研究彙報 16:59-72。

楊月玲。1995。設施內遮光處理對小白菜之生長及生理影響。國立中興大學園藝研究所碩士論文，臺中市。86 pp。

楊純明、沈百奎、余志儒、羅朝村、吳正宗。2003。利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態。中華農業研究 52(2):105-116。

農業統計年報。1999。中華民國八十八年農業統計年報。行政院農業委員會編印，臺北市。428 pp。

蔡素惠、黃山內、楊秋忠。1995。有機及化學肥料對小白菜之生長、硝酸態氮及維生素含量之響。中華農學會報新 158:58-77。

Addiscott, T. M., A. P. Whitmore and D. S. Powlson. 1991. Farming, Fertilizers and the Nitrate Problem. 5. C.A.B. International, Wallingford, UK. 176 pp.

Anderson, G. L. and J. D. Hanson. 1992. Evaluating hand-held radiometer derived vegetation indices for estimating above ground biomass. Geocarto Intl. 1:71-78.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.

Baret, F. and G. Guyot. 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. Remote Sens. Environ. 35:161-174.

Boldgett, J. and E. A. Clark 1986. Fertilizers, nitrates, and groundwater: an overview. p.1-15. In: Colloquium on Agrichemical Management of Protecting Water Quantity. National Research Council, Washington, D.C.

Boon, Van der, J. W. Steenhuizen and E. G. Steingrover. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4/NO_3 ratio and temperature of the recirculation nutrition solution. J. Hortic. Sci. 65:309-321.

Cantliffe, D. J. 1972a. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 97(2):152-154.

Cantliffe, D. J. 1972b. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97(3):414-418.

Cantliffe, D. J. 1972c. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97(5):674-676.

Clevers, J.G.P.W. 1986. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of LAI. p.215-220. *In* Proceedings of Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management. M.C.J. Damen, G. Sicco Smit and H. TH. Vers Tappe (eds.) August 1986, Balkema, The Netherlands.

Elvidge, C.D. and Z. Chen. 1995. Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. Remote Sens. Environ. 54:38-48.

Forman, D., S. Al-Dabbagh and R. Doll. 1985. Nitrates, nitrites and gastric cancer in Great Britain. Nature

313:620-625.

Gilabert, M.A., S. Gandia and J. Melia. 1996. Analyses of spectral-biophysical relationships for a corn canopy. Remote Sens. Environ. 55:11-20.

Hata, A. and K. Ogata. 1976. Studies on nitrate in horticultural products (part 5). J. Jpn. Soc. Food Sci. Tech. 23:132-137.

Huete, A.R. 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sens. Environ. 25:295-309.

Knipling, E.B. 1970. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. Remote Sens. Environ. 1:155-159.

Kowal, J.J. and A.V. Barker. 1981. Growth and composition of cabbage as influenced by nitrogen nutrient. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 12:979-995.

Lee, Y.J. and C.M. Yang. 1999. Relationship of plant growth and chlorophyll content in field-grown rice. Chinese J. Agromet. 6:191-200.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition in Higher Plant. Academic Press, New York, USA. p.230-255.

Martignon, G., A. Venezia and F. Malorgio. 1994. Nitrate accumulation in celery as affected by growing system and N content in the nutrient solution. Acta Hortic. 361:583-589.

Maynard, D.N., A.V. Barker, P.L. Minotti and N.H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Adv. Agron. 28:71-118.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering and J.C. Harlan. 1974. Monitoring the Vernal Advancement and Retrogradiation (Greenwave Effect) of Natural Vegetation. NASA/GSFC Type III Report. Greenbelt, MD, USA. 371pp.

Sui, H.K., K.A. Buckle and M. Wooton. 1983. Determination of nitrate and nitrite in water using high-performance liquid chromatography. J. Chromatogr. 260: 189-194.

Tadeo, K. 1994. Environmental physiology: nitrogen fertilization to maximize resource-efficient productivity in a continuous year-round vegetable cropping sequence. p.283-291. AVRDC 1994 Progress Report. Tainan, Taiwan.

Thenkabail, P. S., R. B. Smith and E. De Pauw. 2000. Hyperspectral vegetation indices and their relationships with agricultural crop characteristics. Remote Sens. Environ. 71:158-182.

Tucker, C.J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ. 8:127-150.

Tucker, C.J., J.H. Elgin, Jr., J.E. McMurtrey, III. and C.J. Fan. 1979. Monitoring corn and soybean crop development with hand-held radiometer spectral data. Remote Sens. Environ. 8:237-248.

Wiegand, C.L., A.J. Richardson, D.F. Escobar, and A.H. Gerbermann. 1991. Vegetation indices in crop assessment. Remote Sens. Environ. 35:105-119.

Williams, P.H. and R.J. Haynes. 1995. Nitrogen in the plant environment. p.1-20. In: Nitrogen Nutrition in Higher Plants. Associated Publishing Co., New Delhi, India.

Yang, C. M. and Y. J. Lee. 2001. Seasonal changes of chlorophyll content in field-grown rice crop and their relationships with growth. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(B). 25(4) :233-238.

Yang, C.-M. 2001. Estimation of leaf nitrogen content from spectral characteristics of rice canopy. Optimizing nitrogen management in food and energy production and environmental protection. Proceedings of the 2nd International Nitrogen Conference on Science and Policy. 14-18 October, 2001. Potomac, Maryland, USA.

Estimating Growth and Nitrogen Status in Plants of *Amaranthus mangostanus* with Canopy Spectral Characteristics[1]

Chwen-Ming Yang[2,8], Jeng-Tzung Wu[3], Bor-Kwei Shen[4], Jih-Zu Yu[5], Chaur-Tsuen Lo[6] and Yuan Shen[7]

Summary

Yang, C. M, J. T. Wu, B. K. Shen, J. Z. Yu, C. T. Lo and Y. Shen. 2003. Estimating growth and nitrogen status in plants of *Amaranthus mangostanus* with canopy spectral characteristics. J. Agric. Res. China 52:268-290.

Field experiments were conducted at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute (Wufeng, Taiwan) to measure canopy reflectance spectra and plant characters of *Amaranthus mangostanus* L. (cultivar TNG 1) grown in the growing seasons of 2001-2002. From the simple linear correlation analysis between plant characters and canopy spectral reflectances in the range of 350-2400 nm, it showed that various correlation coefficients existed along the measured spectral wavebands. The narrow wavebands with the maximum absolute value of coefficients were located at 767 nm (r=-0.741**), 574 nm (r=-0.492*), 779 nm (r=-0.645**), 574 nm (r=-0.628**), 1975 nm (r=0.697**) and 577 nm (r=-0.506*) for aboveground fresh yield, leaf total chlorophyll, percent dry matter, leaf area, nitrate content and nitrogen content, respectively. Regression models validation by using data from another experiment showed a significant correlation between the estimated and the measured values in leaf total chlorophyll and aboveground nitrogen. By analyzing of the relationships between plant characters and canopy spectral indices, it indicated that aboveground fresh yield was linearly correlated with GREEN/NIR ratio, RED/NIR ratio and NDVI, aboveground nitrogen was curvilinearly correlated with GREEN, RED/NIR ratio, GREEN/RED ratio and NDVI, and leaf total chlorophyll was also curvilinearly correlated with GREEN and GREEN/RED ratio. These regression models were validated effective with another set of experimental data. By the multiple linear regression analyses, fresh yield and aboveground nitrogen were fitted to 2-variable regression models with the determining factors of 0.852 and 0.761, respectively. Leaf area can be estimated with a best 3-variable regression model (R^2=0.545), while leaf total chlorophyll, percent dry matter and nitrogen content can be assessed with the best 4-variable regression models, with R^2 of 0.697, 0.693 and 0.822, respectively. However, regression model for leaf area was found not feasible to the data from another experiment. Results suggest that plant growth and nitrogen status of vegetable amaranth may be estimated reasonably by the regression models from canopy spectral characteristics.

Key words : Canopy spectral characteristics, *Amaranthus mangostanus*, Plant growth, Nitrogen status, Mutiple linear regression analysis.

---

1. Contribution No.2169 from Agricultural Research Institute. Accepted : September 1, 2003.
2. Senior Agronomist/Research Fellow, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Lecturer, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Assistant Research Fellow, Horticulture Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
6. Research Fellow, Plant Pathology Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
7. Professor, Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
8. Corresponding author, e-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23396057.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:291~296(2003)

Effect of Light/Dark Cycling on Growth and Anthocyanin Production[1] of *Ajuga reptens* in Callus Culture

Fong-Wu How[2,4] and Mary Ann Smith[3]

ABSTRACT

How, F. W. and M. A. Smith. 2003. Effect of light/dark cycling on growth and anthocyanin production of a*juga reptens* in callus culture. J. Agric. China 52: 291-296.

The effect of four different light/dark cycling treatments (16 hours light/8 hours dark, 16 hours light/32 hours dark, 16 hours light/56 hours dark, and 8 hours light/16 hours dark) on growth and anthocyanin production of *Ajuga reptens* in callus culture was investigated. The results showed that light/dark cycling has no significant influence on callus production. In contrast with callus production, the level of anthocyanin seems depend on the duration of the irradiance and become proportionally less amount as the length of the duration decrease. These results suggest that maximum anthocyanin production probably can be obtained by subculturing the callus of *A. reptens* in low light level (even in the dark) for full callus production, then transferring to a high irradiance light condition for a few days for anthocyanin synthesis.

Key Words：*Ajuga reptens*, Anthocyanin production, Callus culture.

INTRODUCTION

Ajuga reptens Linn. can produce anthocyanins containing aromatic and aliphatic compounds which make them unusually stable, and confer strong potential for use in food processing. It has been investigated as a potential in vitro pigment source. Although the capability for the formation of anthocyanin is generally determined by hereditary factors, the amount of pigment formation is affected by numerous environmental factors:

---

1. Contribution No.2170 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : September 1, 2003.
2. Senior Horticulturist and Director, Floriculture Research Center, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Natural Resource & Environmental Science, University of Illinois at Urbana-Champaign.
4. Corresponding author, e-mail: how@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (05)5820834.

nutrition and water availability, age of stock plant, temperature and light (Mancinelli *et al.* 1979; Mancinelli, 1983; Rabino 1977).

Light, in addition to its effects on in vitro growth and development (Seibert *et al.* 1980), is an important factor affecting the production of plant metabolites, including primary products such as enzymes, carbohydrates, lipids and amino acids, and secondary products such as flavones and flavonols, naphthoquinones and polyphenol, anthocyanins, volatiles and terpenes (Zhong *et al.* 1991). For each plant tissue culture pigment production system, experiments will have to determine the optimal light requirements, including the duration of illumination necessary for maximal color production. However, light requirements and optimal light conditions have never been thoroughly investigated in tissue culture systems (Ilker 1987). The common day length chosen is 16 hours light/8 hours dark in tissue culture.

Little is known about the effect of light/dark cycling on in vitro culture (Pierik 1987). Considering the effect of photoregulation on anthocyanin synthesis, Mancinelli (1983) pointed out that the general characteristics of light on this photoresponse are the same as those found for photoregulation of various aspects of plant growth and development. The general characteristics of the action of light on anthocyanin production are those typical of the High Irradiance Response (HIR) of plant photomorphogensis. In the intact plant, the full expression of anthocyanin synthesis requires prolonged exposure (hours to days) to high flux rates of visible and near visible radiation (Mancinelli 1983). In red cabbage and tomato, Mancinelli *et al.* (1979) found that the spectral sensitivity of light-dependent anthocyanin production, a typical HIR response, is not constant and is markedly affected by the duration and mode of application (continuous, photoperiodic, short cycle) of the light treatments. Differences in the duration and mode of application of light treatments result in large differences in anthocyanin production.

In *Kalanchoe* more anthocyanin production is formed under short day conditions than under long day conditions (Neyland 1963). But the light requirement for anthocyanin production is different in plants, since light receptors interact at various levels which are genetically encoded (Ilker 1987).

The objective of this study was to investigate the effect of light/dark cycling on anthocyanin production of *Ajuga* in callus culture. In addition to the practical aspect for producing food colors, the results will give basic information about the photoregulation of anthocyanin synthesis in callus culture of *Ajuga.*

MATERIALS AND METHODS

Induction of callus

The callus cultures used in this project were induced from leaves of *Aiuga reptans* plants growing in a greenhouse. The induction of callus was conducted in the dark at 25 ± 1℃ . Four pieces of callus approx 0.75g each were placed in 250 ml flask containing 50 ml medium. The medium consisted WPM salt (Sigma, St Louis, Mo.), supplemented with, in mg/l: 0.5 thiamine-HCL ; 0.5 pyridoxine-HCL; 0.5 nicotinic acid; 0.5 glycine,; 100 myoinositol; 50 L-ascorbic acid; 5,000 Fe EDTA; 150 polyvinypyrollidone (PVP-T); 7,000 BBL agar (Becton Dickinson, Cockeysville MD, USA); 30,000 sucrose; 0.5 2,4-D, and 0.75 kinetin. The pH value of the medium was adjusted to pH 5.7 before autoclave.

Effect of Light/Dark cycle on anthocyanin production

Four kinds of different light/dark cycling treatments included 16 hrs light/8 hrs dark (16 L/8 D), 16 hrs light/32 hrs dark (16 L/32 D), 16 hrs light/56 hrs dark (16 L/56 D) and 8 hrs light/ 16 hrs dark (8 L/16 D) were

tested. During light period, cultures were placed under cool white fluorescent tubes (62.0 μmol $s^{-1}m^{-2}$). Cultures were moved into a box which excludes light during the dark period. The box was located in the same shelf and to maintain the same temperature of 26±1℃. Each treatment was composed of 10 cubes. Effect of the treatments was evaluated after a 4-week subculture for biomass and color development.

Growth measurement

Callus growth was measured by determining fresh weight (FW) and dry weight (DW). For dry weight measurement, callus were dried in a forced air oven for 20 hours at 80℃ prior to collection of data on callus dry mass.

Anthocyanin analysis

Anthocyanin was analyzed using the method modified from Francis (1982). Callus of *Ajuga* (5g) was blended for 2 min. with 20 ml of a mixture of 1% hydrochloric acid. The extract was then stored overnight at 4℃. The absorbances were measured after filtration at 535 nm with a spectrophotometer. The amount of anthocyanin was calculated from dividing the absorption value at 535 nm by 98.2 ($E^{1\%}$ value).

Statistical analysis

Callus growth was collected from 20 replicates (5 cubes) per treatment. Anthocyanin analysis was collected from 5 replicates per treatment. All data was analyzed by ANOVA using a completely randomized experimental design.

RESULTS

Effect of Light/Dark cycle on anthocyanin production

The growth and anthocyanin production of *A. reptens* in callus cultures under different light/dark cycling treatments is showing in Table 1. After 4 weeks' subculture, there were no clear differences in callus production (based on FW and DW measurement) among these treatments. This result showed that light and light/dark cycling effect on callus production in *Ajuga* was not significant.

For anthocyanin production, the first visible pigment formation was found about 6 days after subculture under 16 L/8 D, 10 days undes 16 L/32 D, 13 days under 16 L/56 D, and 9 days under 8 L/16 D, respectively. After 4 weeks' subculture, the anthocyanin yields were comparable among these treatments. Under a different amount of irradiance (duration) there were clear differences in anthocyanin production. The highest yield was obtained on 16 L/8 D treatment, the lowest yield was obtained on 16 L/56 D treatmeut. It was not significantly different in the two treatments of 16 L/32 D and 8 L/16 D. Since treatment 16 L/32 D and 8 L/16 D produced the same amount of total irradiance, this preliminary result indicated that different light/dark cycling treatments had no significant effect on the anthocyanin production in callus culture of *Ajuga*.

Table 1. Growth and anthocyanin production in *Ajuga reptens* callus grown in different light/dark cycling conditions

Treatment	Fresh wt (g)	Dry wt (g)	Anthocyanins (mg/g callus)
16 hrs L/ 8 hrs D	4.864 a [z]	0.191 a	0.0153 a
16 hrs L/32 hrs D	5.420 a	0.191 a	0.0093 b
16 hrs L/56 hrs D	5.181 a	0.204 a	0.0065 c
8 hrs L/16 hrs D	4.860 a	0.186 a	0.0095 b

[z] Values followed by the same letter at the same raw are not significantly different (p=0.05) according to Fisher's LSD test.

DISCUSSION

Under normal tissue culture conditions, callus cultures are known to develop chloroplasts in the light, carry out photosynthesis, and evolve oxygen (Bergmann *et al.* 1966; Neumann *et al.* 1973 ; Seibert *et al.* 1980). However, the presence of sucrose in the culture medium inhibits both chlorophyll synthesis and carbon fixation in callus culture (Seibert *et al.* 1980). Thus plant callus cultures are not photosynthetically efficient and generally not autotrophic. The results in this experiment also showed that light or light/dark cycling had little effect on the growth of *Ajuga* callus measured in term of fresh and dry weight. Therefore, when maintaining or producing callus of *Ajuga*, the culture should not be maintained in light to avoid morphogenesis.

As for light and anthocyanin synthesis, various considerations suggest that phytochrome is the photoreceptor active in the photocontrol of HIR anthocyanin synthesis plant (Rabino *et al.* 1977). Triggering of anthocyanin synthesis by light has been demonstrated in callus cultures from several plant species (Strickland *et al.* 1972). Although it was possible to replace the light requirement of anthocyanin biosynthesis with auxin, the time dependence of light induced and auxin-induced anthocyanin synthesis was quite different (Altermann *et al.* 1977; Seibert *et al.* 1980). The effect of cyclic irradiation on anthocyanin formation had been studied (Ku & Mancinelli, 1972), but the results are not easy to understand because the level of light irradiance applied and the plant species are often quite different. Fritsch and Grisebach (1975) mentioned that callus culture of *Haplopappus gracillis* left in the dark for 3 days prior to light exposure accumulate more anthocyanin compare to the cultures kept in the dark only one day prior to light exposure. However in this experiment, the level of anthocyanin under different cyclic irradiation seems depend on the duration of the irradiance and becomes proportionally less amount as the length of the duration decrease. The difference of cyclic irradiance response to anthocyanin synthesis probably due to the difference in plant species or different irradiation level.

Based on the preliminary result, maximum anthocyanin production can be obtained from subculturing the callus of *Ajuga* in the dark for 2 to 3 weeks, then transferring to a high irradiance light condition for a few days. Further experiments are necessary to optimize the optimum dark duration and subsequent light duration and/or the irradiance level for the maximun anthocyanin production of *Ajuga* in vitro.

LITERATURE CITED

Bergmann, L. and A. Baelz. 1966. Der Einfluss von Farblicht auf Wachstum und zusammensetzung pflanzlicher Gewebekulturen. Planta 70:285-289.

Callebaut, A., G. Hendrickx, A. M. Voets and J. C. Motte. 1990. Anthocyanin in cell culture of *Ajuga reptans.* Phytochemistry 29:2153-2158.

Francis, F. J. 1982. Analysis of anthocyanin. p.182-207. in: Anthocyanins as Food Colors. (Markakis, P. ed.). Academic Press, New York, USA.

Fritsch, H. and H. Grisebach. 1975. Biosynthesis of cyanidin in cell cultures of *Haplopappus gracilis.* Phytochemistry 14(11):2437-2442.

Ilker, R. 1987. In-vitro pigment production: an alternative to color synthesis. Food Tech. 41(4/6):70-72.

Ku, P. K. and A. L. Mancinelli. 1972. Photocontrol of anthocyanin synthesis. Plant Physiol. 49:212-217.

Linberger, R. D. and A. Wanstreet. 1983. Micropropagation of *Ajuga reptans*. Burgundy Glow Research Circular. Ohio Agric. Res. Develop. Cent. 274:19-22.

Mancinelli, A. L. 1983. The photoregulation of anthocyanin synthesis. p.640-661. in: Encyclop. Plant Physiol., New series. vol. 16B (Shropshire, W. and H. Mohr, eds.). Springer Verlag, New York, USA.

Mancinelli, A. L. and I. Rabino. 1975. Photocontrol of anthocyanin synthesis. IV. Dose dependence and reciprocity relationship. Plant Physiol. 56:351-355.

Mancinelli, A. L. and L. Walsh. 1979. Photocontrol of anthocyanin synthesis VII. Factors affecting the spectral sensitivity of anthocyanin synthesis in young seedlings. Plant Physiol. 63:841-846.

Neyland, M. Ng Y. L. and K. V. Thimann. 1963. Formation of anthocyanin in leaves of *Kalanchoe blossfeldiana* a photoperiodic response. Plant Physiol. 38:447-451.

Neumann, K. H. and A. Raafat. 1973. Further studies on photosynthesis of carrot tissue culture. Plant Physiol. 51(4):685-690.

Pierik, R. L. M. 1987. In Vitro Culture of Higer Plants. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA. 344 pp.

Rabino, I., A. L. Mancinelli and K. M. Kuzmanoff. 1977. Photocontrol of anthocyanin synthesis. VI. Spectral sensitivity, irradiance dependence and reciprocity relationship. Plant Physiol 59:569-573.

Seibert, M. and P. G. Kadkade. 1980. Enviromental factors: Light. p.123-141. in: Plant Tissue Culture as a Source of Biochemistry (Staba, E. J, ed.). CRC Press Inc, Florida, USA.

Strickland, R. G. and N. Sunderland. 1972. Photocontrol of growth, and of anthocyanin and clorogenic acid production in cultured callus tissues of *Haplopappus gracillis*. Ann. Bot. 36:671-685.

Zhong, J. J., T. Seki, S. I. Kinoshida and T. Yoshida. 1991. Effect of light irradiation on anthocyanin production by suspended culture of *Perilla frutescens*. Bioengineering 38:653-658.

明暗週期對筋骨草癒合組織合成花青素之影響 [1]

侯鳳舞 [2,4]　Mary Ann Smith[3]

摘　要

侯鳳舞、M. A. Smith。2003。明暗週期對筋骨草癒合組織合成花青素之影響。中華農業研究 52:291-296。

筋骨草(*Ajuga reptens*)葉之花青素，含極穩定之芳香及脂肪化合物，爲深具開發潛力之食品用天然色素。本研究以筋骨草葉片癒合組織爲材料，於四種不同明暗週期(16 hours light /8 hours dark, 16 hours light/32 hours dark, 16 hours light/56 hours dark 及 8 hours light/16 hours dark)環境下，探討瓶內培養對筋骨草癒合組織增產及花青素合成之影響。試驗結果顯示明暗週期對筋骨草癒合組織之增殖無顯著結果。花青素之合成則明顯地受光期影響，但明暗週期之影響不顯著。高光期環境下之花青素合成量顯著增加。因此，由筋骨草葉片癒合組織合成花青素之光照條件，初期應在低光環境下以加速癒合組織增殖，然後移到高光照環境下培養，較有利於花青素之合成。

關鍵詞：筋骨草、花青素、癒合組織。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2170號。接受日期:92年9月1日。
2. 本所花卉研究中心研究員兼主任。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 美國伊利諾大學自然資源及環境科學系教授。
4. 通訊作者，電子郵件：how@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機：(05)5820834。

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:297~310(2003)

觀測角度對植被反射光譜及光譜特徵之影響—以水稻為例[1]

李裕娟[2]　楊純明[2,3]

摘　要

李裕娟、楊純明。2003。觀測角度對植被反射光譜及光譜特徵之影響-以水稻爲例。中華農業研究 52:297-310。

本研究於 2002 年一、二期稻作期間在臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所農場進行田間試驗，以探討輻射光譜儀之觀測角度對水稻植被反射光譜及光譜特徵之影響。根據對近地面高解析水稻植被反射光譜的分析結果，發現無論處於何種期作或生育階段(分蘗盛期或糊熟期)，不同觀測角度將影響所測定的光譜曲線。一般言之，相對於垂直正射角度之測值，觀測角度越大則光譜之反射比値也越高。續將 350-2400 nm 光譜範圍劃分爲紫外光(UV)、紫光(V)、藍光(B)、綠光(G)、黃光(Y)、橘光(O)、紅光(R)、近紅外光(NIR)、短波紅外光(SWIR)及中波紅外光(MIR)等 10 個寬頻波段，結果顯示不同觀測角度測定的波段平均反射比呈現二次凹型曲線，除了二期稻作分蘗盛期之 NIR 波段及一期作糊熟期之 V、B 與 MIR 波段外，皆達顯著水準($P<0.04$)。大致上隨著觀測角度的增加，無論向陽(正値角度)抑或背陽(負値角度)方向，反射比亦隨之升高，而垂直正射角度的測値相對處於谷底。又將量測的高解析反射光譜分別計算出模擬 SPOT(simulated SPOT)衛星四個波段(G、R、NIR、SWIR)的平均反射比，配合前述相對應之寬頻波段(broad band)平均反射比及單一窄波段(narrow band)反射比，以比較在三種遙測平台進行不同觀測角度造成之反射比改變。由迴歸分析繪製的凹形二次曲線比較，顯示此三種遙測平台在分蘗盛期獲取的波段反射比差異在不同年份的表現雷同，除了紅光，皆以窄波段的反射比值最高，依次爲模擬 SPOT 衛星波段及寬頻波段者。此三種遙測平台在糊熟期獲取的波段反射比差異類似於最大分蘗期的結果，亦以窄波段的反射比值最高，僅 SWIR(短波紅外光)波段在二期稻作表現稍有不同。

關鍵詞：水稻、太陽方位角、觀測角、窄波段、寬波段。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2171 號。接受日期:92 年 9 月 29 日。
2. 本所農藝組薦任技佐及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件: cmyang@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機: (04)2339-6057。

前　言

由於地表形物對於入射光源(以太陽光輻射爲主)的雙向反射特性，因此對於大視角的感測儀器獲取的偵(檢)測資料，必須對可見光和近紅外光波段進行雙向反射校正，才能得到正確的標的物反射輻射值。尤其在非垂直正視的觀測角度及入射光源未座落於天頂垂直上方的情境之下，造成的雙向偏差愈形嚴重，若未予偏歪資料適度校正將可能得到錯誤結論。校正的方法一般採用地物雙向反射的模擬模型，或利用同一地區不同軌道圖像，找出其與觀測角之間的關係。Ross(1981)指出雙向反射率的分佈函數(BRDF，bidirectional reflectance distribution function)可以作爲偵測器的觀測幾何角度校正，而經過BDRF的分析可提供不等高度之各種植被在不同土壤反射以及植被族群結構所造成差異上的比較(Sandmeier *et al.* 1998；Sandmeier & Deering 1999)。

光譜檢測器(或稱輻射光譜分析儀，或簡稱光譜儀)在測定作物植被外表層的反射率時，通常會受到太陽高度角和方位角大小的影響(Eaton & Dirmhirn 1979；Cierniewski 1987；Jackson *et al.*1990；Gemmell & McDonald 2000)，且檢測器本身的觀測角度亦會直接影響量測的作物反射率高低(Jackson *et al.*1990；Gemmell & McDonald 2000)。因此，早在1970年代即有角度測定的相關試驗，大部份在農田地面上進行測定(Colwell 1974；Coulson & Reynolds 1971；Kimes 1983；Deering 1989；Deering *et al.* 1992)或在具有控制條件的實驗空間內實施量測(Coulson *et al.*1965；Breece & Holmes 1971；Walter-Shea *et al.* 1989；Brakke *et al.* 1989)，極少有同時結合田間和實驗空間內的相關試驗。據Kimes(1983)、Kimes *et al.*(1985)及Deering *et al.* (1989)之研究指出，土壤表面存在強烈的雙向反射性質，應予釐清並列入校正參考。Deering *et al.* (1989)及Jackson *et al.* (1990)的報告也說明，在不同的太陽方位角下，土壤的性質和粗糙度具有雙向的反射特性。Ni *et al.* (1999)利用測定不連續的森林植冠，以經過修正的GO(geometric optical)模式改進雙向反射特性所造成的影像誤差，進而提高衛星影像的精確度。瑞士蘇黎士大學(Zurich University)進一步在1994-1995年期間，設計出軌道式的田間測定裝置(FIGOS, field goniometer)來量測田間不同角度的雙向反射，由裝置高解析光譜儀更精細的測定BRDF並建立模式，再根據此一模式和Lambertain假說進而改進衛星影像的校正結果(Sandmeier & Itten 1997)。

文獻上有關雙向反射的試驗研究甚多，如Pinter *et al.*(1990)比較在不同遙測平台(衛星、飛機和地面)以光譜影像儀拍攝的農田影像，發現偵測角度不同確實會影響反射比的高低。Shibayama & Weigand(1985)研究觀測角度與太陽方位角對小麥族群反射比的影響，結果顯示紅光和近紅外光的反射比會隨太陽方位角而異，方位角愈高及觀測角度愈大則反射比值將愈增加。Kirchner *et al.* (1982)研究指出，苜蓿在背向太陽的方向時，其反射比影響較大。Oi *et al.* (1994)由飛機爲遙測載台的高解析光譜儀測知，在半乾燥的灌叢或草原地，太陽方位角的影響大於觀測角度。Wenge *et al.* (1999)在不連續的林相族群進行雙向的反射比試驗，顯示觀測角度的差異影響所量測的植冠反射比大小。在苔蘚、地衣類植物上的試驗，Solheim *et al.* (2000)發現苔蘚類植物可增強背向觀測角度的可見光及近紅外光的反射比，Solheim & Engelsen(1998)則建立地衣類植物以衛星(Landsat TM)偵測採用的校正方法。

瞭解太陽方位角大小對作物反射率高低之影響，尤其以大面積樹木植冠的森林族群爲甚(Deering *et al.* 1992；Duchemin 1999)，將有助於瞭解衛星或航空遙測影像資料在不同季節、觀測時間及檢測器觀測角度上改變所造成的差異，同時予以適當的校正以獲得眞實數據。由於水稻是臺灣地區栽培面積最廣而產値最高的糧食作物，針對水稻進行的光譜遙測十分頻繁，確有必要探討水稻植被的雙向反射特性。本研究基於前述理念，嘗試以向陽和背陽的不同觀測方向在水稻的分蘗盛期和糊熟期兩個生長階段，探究光譜儀的觀測角度大小與植被反射比的關係。此一試驗結果提供了光譜儀在面向或背向太陽光源之不同觀測角度下造成水稻反射比的差異分佈，對於近地面、航空器或衛星遙測載台進行光譜量測的雙向反射校正或建立相關校正模式均有助益。

材料與方法

本研究之田間試驗在位於臺中縣霧峰鄉的行政院農業委員會農業試驗所農場(24°02'N, 120°42'E, 海拔高度 85 m)，參試水稻品種爲臺農 67 號(*Oryza sativa* L. cv. TNG 67)，田區面積爲 0.5 公頃，於 2002 年兩期稻作生育期間實施近地面高解析光譜遙測不同觀測角度之水稻族群植被反射光譜。2002 年一期稻作在 2 月 26 日機插，6 月 28 日收穫，生育日數 123 天。2002 年第二期稻作在 7 月 30 日機插，11 月 26 日收穫，生育日數 118 天。試驗期間栽培方法採用慣行法，將 3-4 葉齡秧苗以南北向機械插秧，每叢 3-5 株，行株距約爲 0.30 m x 0.18 m，形成之族群密度爲 185,000 hills ha^{-1}。田區土壤屬於 Fluvaquentic Dystrochrept，酸鹼值爲 pH 4.78，有機質含量爲 1.64% 。於插秧前 5 天施用台肥 39 號($N:P_2O_5:K_2O$=12%:18%:12%，臺灣肥料公司，高雄市)300 kg ha^{-1} 爲基肥，第一次追肥於插秧 1 週(二期作)或 2 週(一期作)後施用臺肥 1 號($N:P_2O_5:K_2O$=20%:5%:10%，臺灣肥料公司，高雄市)100 kg ha^{-1}，第二次追肥於插秧 3 週(二期作)或 4 週(一期作)後施用臺肥 1 號 200 kg ha^{-1}，約於抽穗前 20 天施用硫酸銨(21% N，臺灣肥料公司，高雄市)160 kg ha^{-1} 爲穗肥。農藥施用視病蟲害發生狀況而定，依前臺灣省政府農林廳出版之植物保護手冊(1994)推薦用藥及用量操作；如以 6% 培丹粒劑(cartap, 1,3-bis-(carbamoylthio)-2- (N,N-dimethylamino)-propane hydrochloride)30 kg ha^{-1} 防治二化螟蟲及瘤野螟，以 40% 加保扶水懸劑(carbofuran, 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate)稀釋 800 倍之 1.2 L ha^{-1} 用量及 50% 維利黴素(Validamycin A, 50% S) 千倍稀釋液之 1 L ha^{-1} 用量防治紋枯病及其他害蟲。除草劑係以 5% 丁基拉草粒劑(butachlor, 2-Chloro-2',6'-diethyl-N-(butoxymethyl) acetate)30 kg ha^{-1} 於插秧一週內施用防除禾本科雜草，分蘗初期(插秧後 3 週內)以 44.1% 本達隆溶液(bentazon, sodium salt of 3-isopropyl-1H-2,1,3-benzothiadiazin-4-(3H)-0ne-2,2- dioxide) 3 L ha^{-1} 劑量 200 倍稀釋液防除鴨舌草及螢藺等雜草。

植被高解析反射光譜以田間攜帶式輻射光譜分析儀(spectroradiometer, model GER-2600，Geophysical & Environmental Research Crop., Millbrook, NY, U.S.A.)進行光輻射(radiance)測定，量測波長範圍 330-2600 nm。完整量測系統包括裝置 10 度視角(field-of-view)的輻射光譜分析儀、手提電腦、電池及連接纜線等，其中光譜儀之 512 個矩陣排列 silicon detectors 在 330-1050 nm 波段之波距(bandwidth)1.5 nm，128 個矩陣排列 PbS detectors 在 1050-2600 nm 波段之波距 11.5 nm (GER-2600 User Manual 1996)，被固定於距離水稻植被約 5.8 m 之高空作業車上垂直進行近地面量測，產生約 1 m 直徑的光譜測定圓周面積(目標區)。光譜儀係置於專業照像用角度調整器上，可自由依照刻度旋轉，停滯於預定角度上，偵測向陽及背陽兩方向之不同觀測角度植被反射光譜。在實用上將高解析光譜之各窄波段中心值取至個位數，且僅選用 350-2400 nm 波長範圍的反射比光譜以去除光譜兩端的硬體電磁干擾。

手提電腦安裝的 GER-2600 專用軟體可以收取及校正光譜儀量測的光譜範圍各窄波段的光輻射值，並配合已知反射光譜特性的參考白板('Spectralon', Labsphere, Inc., North Sutton, NH, USA)光輻射資料，經由計算而顯示出光輻射值及反射比值。每一次的量測均預設爲連續 4 次(時間少於 2 s)的光譜掃描，在進行參考白板反射光譜量測後隨即進行目標區的掃描，每一觀測角度至少量測 4 次，量測時間少於 1 min，且均選擇在 10:00 至 12:00 時段的晴朗區間操作，以減少太陽入射角及雲遮的干擾。近地面高解析植被反射光譜測定選擇在兩期稻作的分蘗盛期(active tillering stage)及糊熟期(dough stage)間進行，2002 年一期作分別於插秧後 53 及 92 天，二期作則分別於插秧後 64 天及 96 天。各生育時期均在面向太陽的方位角條件下調整光譜儀的觀測角度，依向陽正向及背向各 0-30 度範圍內分別調整，測定角度計有 0、5、10、15、20、25、30 度等七種，如前述每一角度均至少量測 4 重複。將 4 次重複量測的光譜資料平均，以平均值光譜爲各觀測角度的代表，進行各項統計分析。試驗統計分析係由 Statistical Analysis System version 8.1 軟體(SAS 1998)及 Sigmaplot 2000 統計繪圖軟體(SPSS ASC BV, The Netherlands)進行資料處理。

爲分析植被光譜之各寬頻波段(broad bands)的反射比變化，乃將反射光譜區分爲紫外光(UV, 350-400 nm)、紫光(V, 400-425 nm)、藍光(B, 425-490 nm)、綠光(G, 490-560 nm)、黃光(Y, 560-585 nm)、橘光(O, 585-640 nm)、紅光(R, 640-740nm)、近紅外光(NIR, 740-1300 nm)、短波紅外光(SWIR, 1300-1800 nm)及中紅外光(MIR, 1800-2400 nm)等 10 個寬頻波段，並由波段內各窄波段的反射比和除以窄波段數來計算各波段之平均反射比，期能瞭解植被反射光譜內各波段在不同生長時期及不同觀測角度的變化。亦依照法國 SPOT 衛星感測波段以近地面量測之高解析光譜資料予以模擬，稱爲 Simulated SPOT，包括綠光段(G, 500-590 nm)、紅光段(R, 610-680 nm)、近紅外光段(NIR, 790-890 nm)及短波紅外光段(SWIR, 1580-1750 nm)四種。而高解析光譜之相對應窄波段即以此來篩檢，其中綠光窄波段選取綠光波段之最高反射比位置，紅光窄波段選取紅光波段之最低反射比位置，而近紅外光窄波段及短波紅外光窄波段則分別選取各該波段之最大反射比位置，均爲動態選取之特定波長位置。

結　果

在 2002 年一期稻作之分蘗盛期(插秧後 53 天)及糊熟期(插秧後 92 天)，於近地面量測的不同觀測角度水稻植被高解析反射光譜繪製於圖 1，二期稻作之分蘗盛期(插秧後 64 天)及糊熟期(插秧後 96 天)量測資料則繪於圖 2，均顯示無論期作或生育階段，不同觀測角度將影響所測定的光譜曲線，使得各窄波段的反射比呈現不一的現象。

又將所量測的 350-2400 nm 植被反射光譜範圍劃分爲紫外光(UV)、紫光(V)、藍光(B)、綠光(G)、黃光(Y)、橘光(O)、紅光(R)、近紅外光(NIR)、短波紅外光(SWIR)及中波紅外光(MIR)等 10 個寬頻波段，計算其等波段平均反射比，以比較各波段受到觀測視角的影響。其中，2002 年一、二期稻作之分蘗盛期在向陽及背陽視角所量測的波段平均反射比值列於圖 3，兩期稻作之糊熟期觀測角度的波段平均反射比值繪於圖 4，均顯示不同觀測角度測定的波段平均反射比呈現二次凹型曲線，除了二期稻作分蘗盛期之 NIR 波段及一期作糊熟期之 V、B 與 MIR 波段外，皆達顯著水準($P<0.04$)。一般隨著觀測角度的增加，無論向陽(正値角度)抑或背陽(負値角度)方向，反射比亦隨之升高，而垂直正射角度(angle 0^{o})的測值相對處於谷底。再由圖 3 及圖 4 發現，一、二期稻作的波段平均反射比之間存在差異，顯示兩期稻作之植被存在歧異度，而反應在反射光譜的差異上。

另外，以近地面量測的高解析反射光譜分別計算出模擬 SPOT 衛星四個波段(G、R、NIR、SWIR)的平均反射比，配合前述相對應之寬頻波段平均反射比及單一窄波段反射比，以模擬在衛星、航空飛行器及近地面三種遙測平台進行不同觀測角度造成之反射比改變。2002 年一、二期稻作在分蘗盛期及糊熟期測得的植被反射光譜資料分別如圖 5、圖 6，由迴歸分析繪製的凹形二次曲線比較，顯示此三種遙測平台在分蘗盛期獲取的波段反射比差異在不同年份的表現雷同，除了紅光之外，皆以窄波段的反射比值最高，依次爲模擬 SPOT 衛星波段及寬頻波段者。此三種遙測平台在糊熟期獲取的波段反射比差異類似於最大分蘗期的結果，亦以窄波段的反射比値最高，僅 SWIR(短波紅外光)波段在二期稻作表現稍有不同。

討　論

由本研究在 2002 年一、二期稻作之分蘗盛期(分別爲插秧後 53 天及 64 天)及糊熟期(分別爲插秧後 92 天及 96 天)於近地面量測的不同觀測角度水稻植被高解析反射光譜(圖 1、圖 2)，顯示出不同觀測角度將影響在水稻生育過程所量測的光譜曲線，而且無論期作別皆使光譜曲線產生可辨識的差別。儘管一期稻作分蘗盛期及二期稻作糊熟期之背陽方向角度獲取之光譜曲線有稍許變異，一般言之，相對於垂直正射角度(angle 0°)的測値，觀測角度越大則光譜之反射比値也越高。

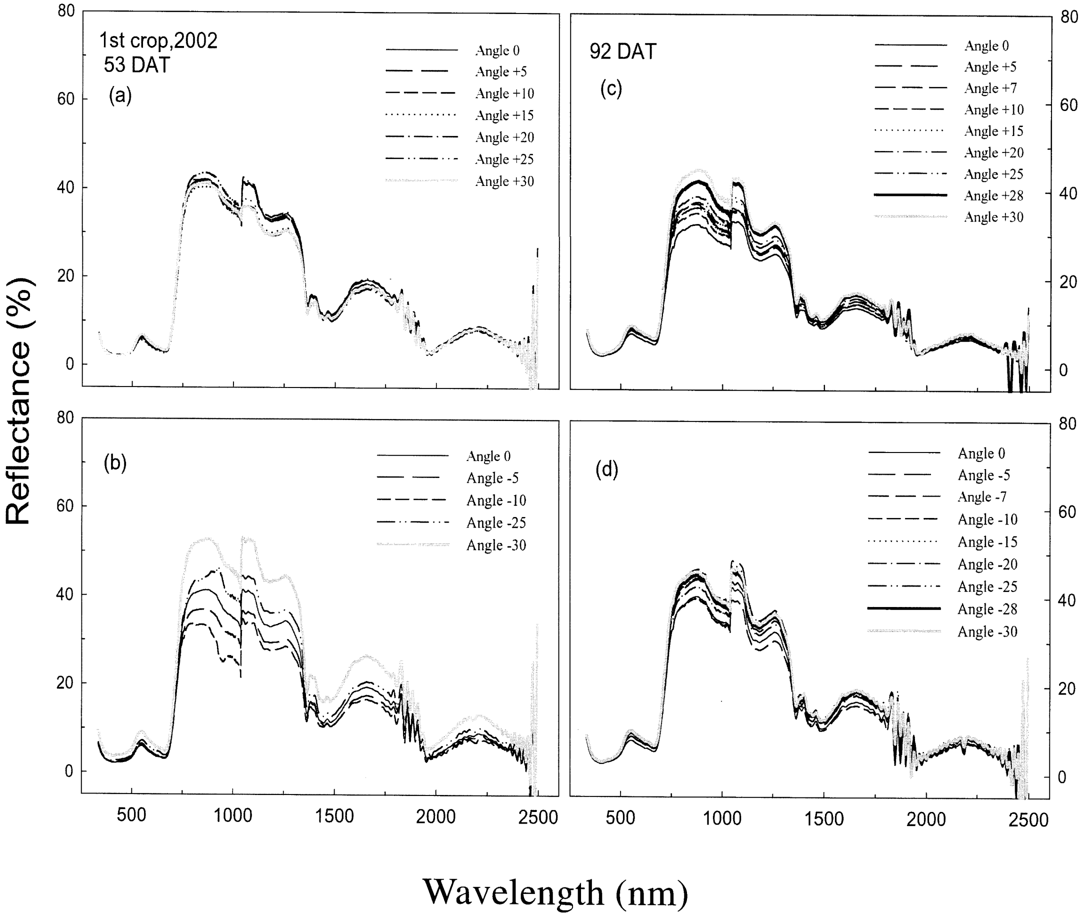

圖 1. 在 2002 年一期稻作之分蘗盛期(插秧後 53 天)及糊熟期(插秧後 92 天)量測之水稻植被反射光譜隨著不同觀測角度之變化。其中(a)及(c)爲向陽方向之觀測角度，(b)及(d)爲背陽方向之觀測角度。

Fig. 1. Changes in reflectance spectra of rice canopies taken from different viewing angles at 53 days (maximum tillering stage) and 92 days (dough stage) after transplanting of rice growth in the first cropping season of 2002. The spectral curves plotted in (a) and (c) are measured from angles face to the sun, and in (b) and (d) are measured from angles back to the sun.

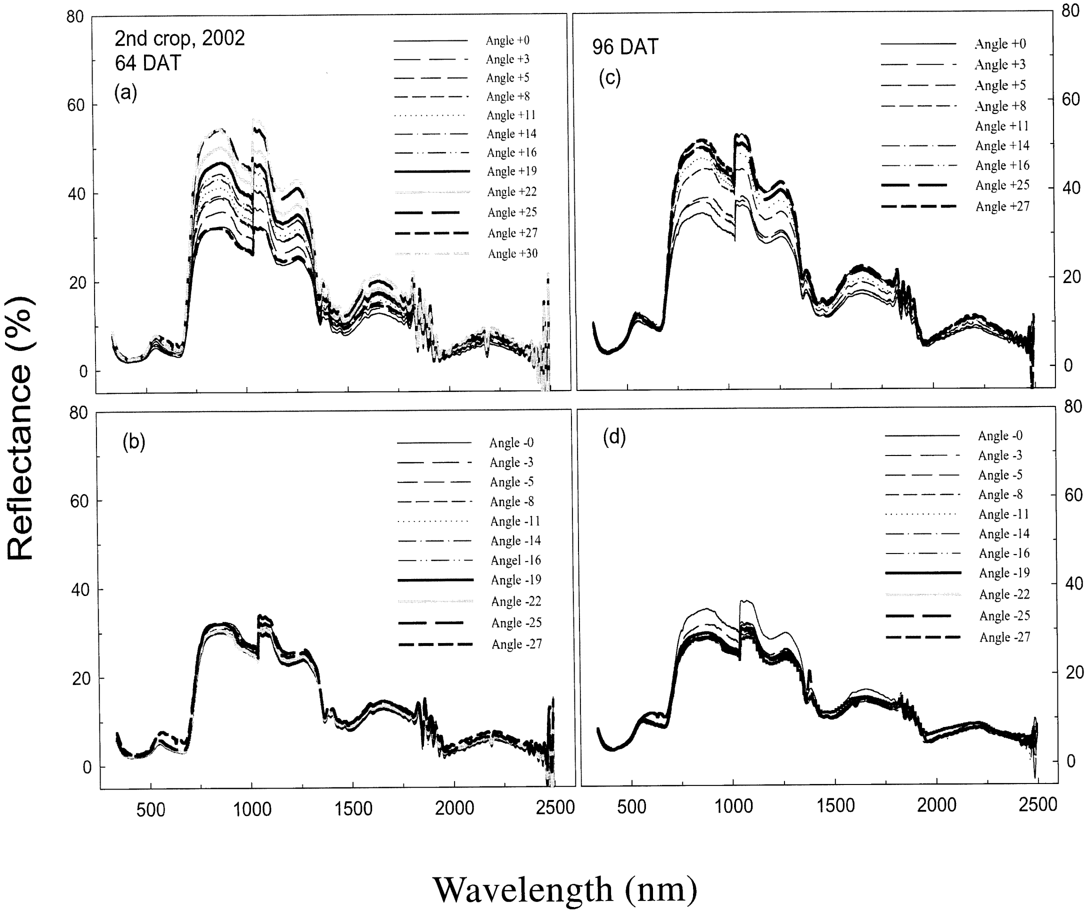

圖 2. 在 2002 年二期稻作之分蘗盛期(插秧後 64 天)及糊熟期(插秧後 96 天)量測之水稻植被反射光譜隨著不同觀測角度之變化。其中(a)及(c)爲向陽方向之觀測角度，(b)及(d)爲背陽方向之觀測角度。

Fig. 2. Changes in reflectance spectra of rice canopies taken from different viewing angles at 64 days (active tillering stage) and 96 days (dough stage) after transplanting (DAT) of rice growth in the second cropping season of 2002.The spectral curves plotted in (a) and (c) are measured from angles face to the sun, and in (b) and (d) are measured from angles back to the sun.

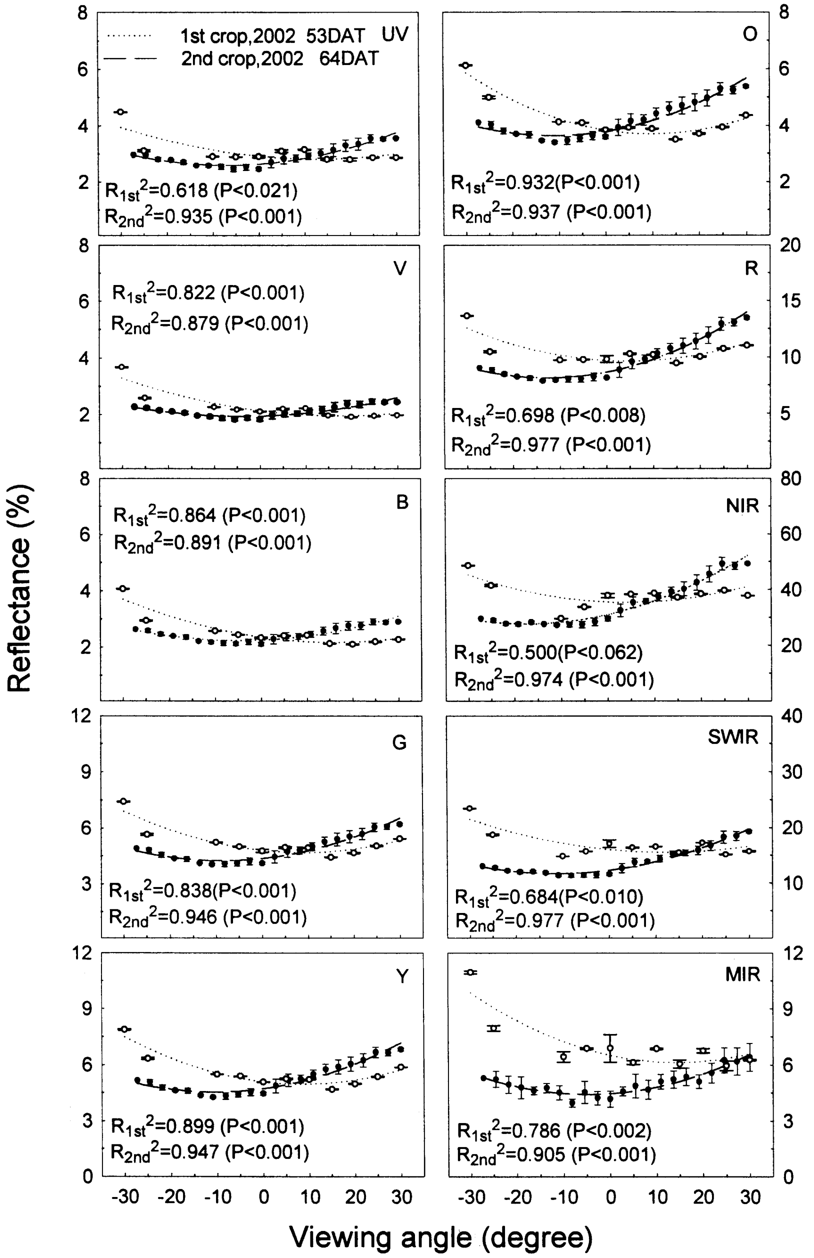

圖 3. 在 2002 年兩期稻作之分櫱盛期(一、二期作分為插秧後 53 天及 64 天)量測之不同寬頻波段平均反射比隨著觀測角度之變化。UV: 350-400 nm, V:400-425 nm, B: 425-490 nm, G: 490-560 nm, Y: 560-585 nm, O: 585-640 nm, R: 640-740nm, NIR: 740-1300 nm, SWIR: 1300-1800 nm, and MIR: 1800-2400 nm.

Fig. 3. Changes of waveband mean reflectance in response to viewing angles at active tillering stage of rice growth in the first (53 days after transplanting(DAT)) and the second (64 DAT) cropping seasons of 2002; UV: 350-400 nm; V: 400-425 nm; B: 425-490 nm; G: 490-560 nm; Y: 560-585 nm; O:585-640 nm; R: 640-740nm; NIR: 740-1300 nm; SWIR: 1300-1800 nm; and MIR: 1800-2400 nm.

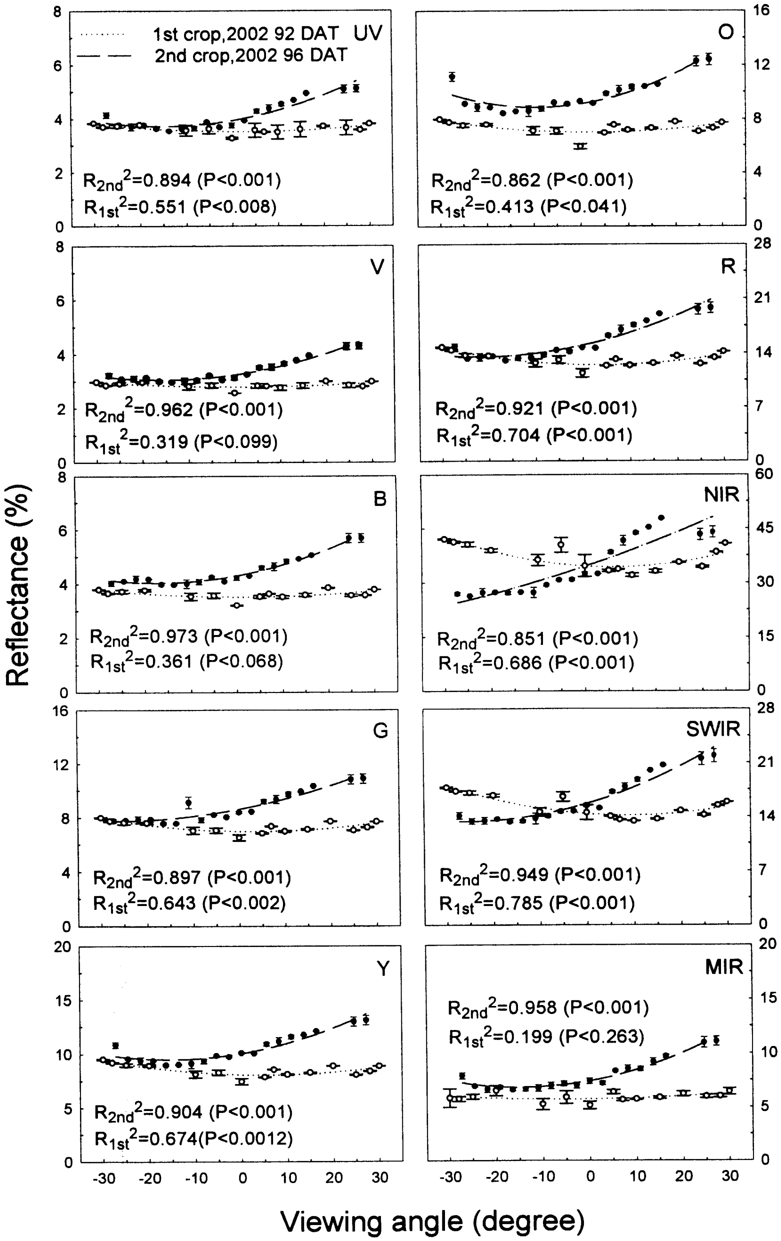

圖 4. 在 2002 年兩期稻作之糊熟期(一、二期作分爲插秧後 92 天及 96 天)量測之不同寬頻波段平均反射比隨著觀測角度之變化。UV: 350-400 nm, V: 400-425 nm, B: 425-490 nm, G: 490-560 nm, Y: 560-585 nm, O: 585-640 nm, R: 640-740nm, NIR: 740-1300 nm, SWIR: 1300-1800 nm, and MIR: 1800-2400 nm.

Fig. 4. Changes of waveband mean reflectance in response to viewing angles at dough stage of rice growth in the first (92 days after transplanting (DAT)) and the second (96 DAT) cropping seasons of 2002. UV: 350-400 nm; V: 400-425 nm; B: 425-490 nm; G: 490-560 nm; Y: 560-585 nm; O: 585-640 nm; R: 640-740nm; NIR: 740-1300 nm; SWIR: 1300-1800 nm; and MIR: 1800-2400 nm.

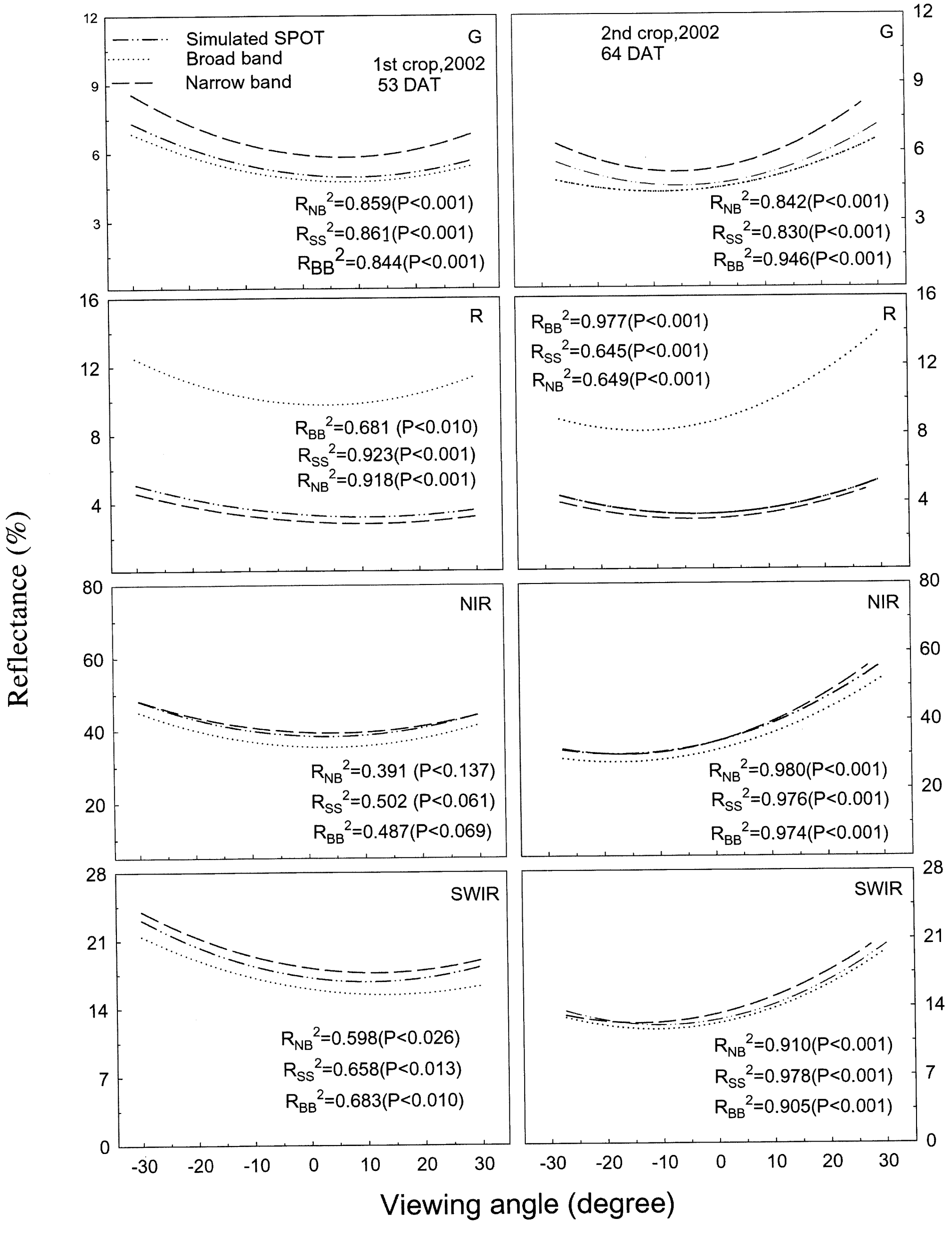

圖 5. 在 2002 年兩期稻作分櫱盛期(一期作插秧後 53 天、二期期插秧後 64 天)之特定窄波段、寬頻波段及模擬 SPOT 衛星波段之波段平均反射比隨著觀測角度之變化。

Fig. 5. Changes of waveband mean reflectance in narrow band, broad band and simulated SPOT wavebands in response to viewing angles at active tillering stage of rice growth in the first (53 days after transplanting (DAT)) and the second (64 DAT) cropping seasons of 2002. (G_{SS}: 500-590 nm, G_{BB}: 490-560 nm, G_{NB}: green light maximum; R_{SS}: 610-680 nm, R_{BB}: 640-740 nm, R_{NB}: red light minimum; NIR_{SS}: 790-890 nm, NIR_{BB}: 740-1300 nm, NIR_{NB}: near infrared maximum; $SWIR_{SS}$: 1580-1750 nm, $SWIR_{BB}$: 1300-1800 nm, $SWIR_{NB}$: short wave infrared maximum.)

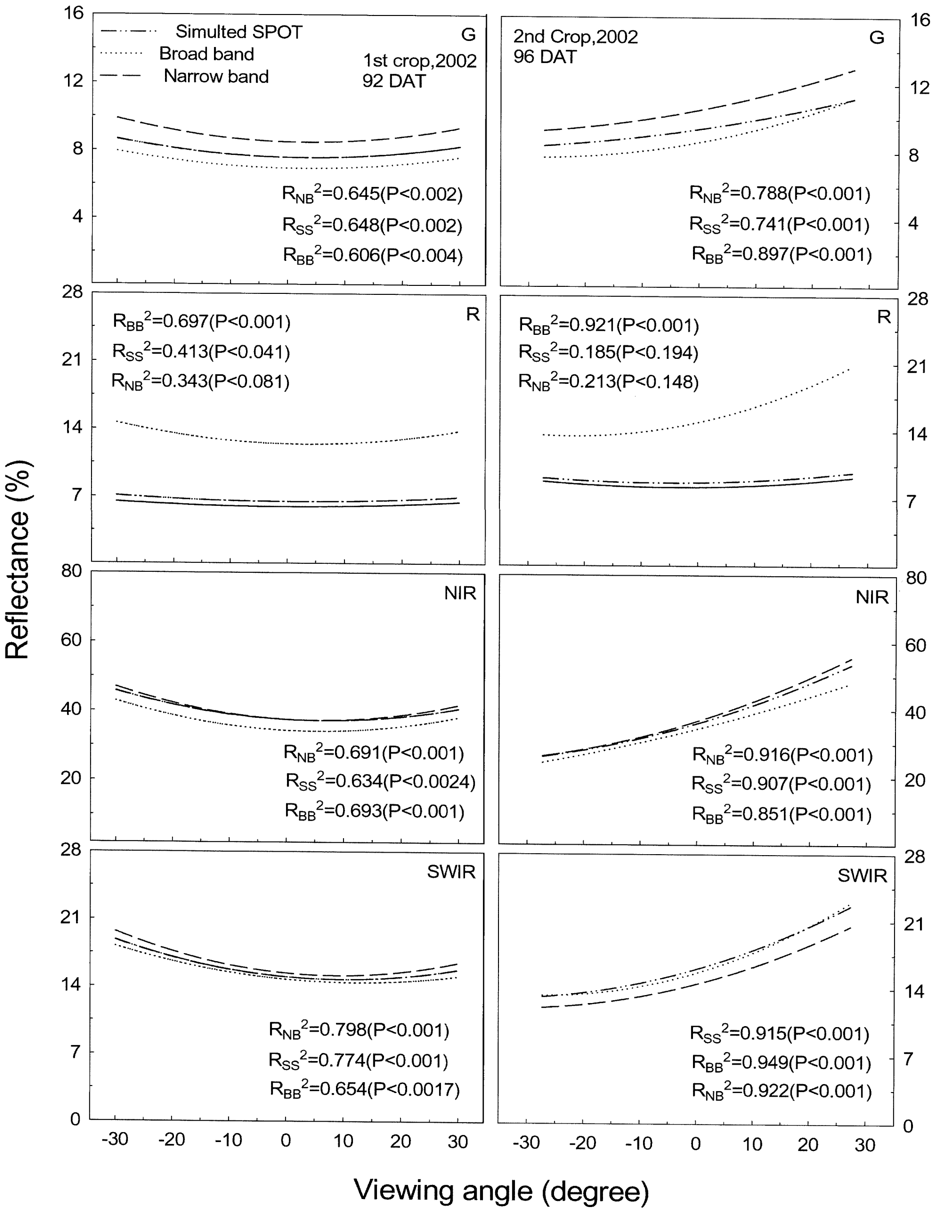

圖 6. 在 2002 年兩期稻作糊熟期(一期作插秧後 92 天、二期期插秧後 96 天)之特定窄波段、寬頻波段及模擬 SPOT 衛星波段之波段平均反射比隨著觀測角度之變化。

Fig. 6. Changes of waveband mean reflectance in narrow band, broad band and simulated SPOT wavebands in response to viewing angles at dough stage (92days after transplanting (DAT) in First Crop and 96 DAT in Second Crop) of rice growth in the first and the second cropping seasons of 2002. (G_{SS}: 500-590 nm, G_{BB}: 490-560 nm, G_{NB}: green light maximum; R_{SS}: 610-680 nm, R_{BB}: 640-740 nm, R_{NB}: red light minimum; NIR_{SS}: 790-890 nm, NIR_{BB}: 740-1300 nm, NIR_{NB}: near infrared maximum; $SWIR_{SS}$: 1580-1750 nm, $SWIR_{BB}$: 1300-1800 nm, $SWIR_{NB}$: short wave infrared maximum.)

爲了進一步瞭解在 350-2400 nm 光譜範圍內各波段受到觀測視角的影響，乃將植被反射光譜劃分爲 UV、V、B、G、Y、O、R、NIR、SWIR 及 MIR 等 10 個寬頻波段。此 10 個波段與現行國內農委會林務局所屬農林航空測量所的航測光譜影像系統可提供的 13 個波段部分類似，本研究資料將可予飛機載台所測定之地面遙測影像修正之參考。由 2002 年一、二期稻作之分蘗盛期及糊熟期在向陽及背陽視角所量測的波段平均反射比值(圖 3、圖 4)，顯示出波段平均反射比與觀測角度的關係爲二次凹型曲線，大致上反射比均隨著觀測角度的增加而升高，垂直正射角度(angle 0 °)的測值則相對處於曲線谷底，但是向陽(正値角度)與背陽(負値角度)方向得到的結果並非對稱。由於凹型曲線並非呈理想的對稱，反應了量測日當時的太陽天頂角未在水稻植被之垂直上方(即太陽位置未在植被之天頂正中央)，使得入射光源產生不對稱的雙向反射，造成了不對稱的反射比。

又發現一、二期稻作的波段平均反射比之間存在差異，顯示出植被的均勻性問題，即兩期稻作之植被存在歧異度。由於已知兩期稻作生育期間的環境差異甚大，水稻的生長與發育在期作間的表現不盡相同，產生相當的歧異度，致使未臻均勻的植被產生不同的反射光譜。而在不同觀測視角方向測得的反射比差異，反應出一、二期作的太陽方位角位於天頂的不同位置，造成向陽向及背陽向的變異。以上因素將扭曲理想的凹型曲線分佈，使得光譜儀感測器視角的比例關係形成偏歪，因此不同觀測視角測得之波段平均反射比無法反應出正確的比值，甚至使得理論最低值的垂直觀測角度的反射比不一定落於正確位置。由此可知，田間實際量測的作物植被反射光譜受到不同因素的影響，在考量針對感測器的觀測角度進行校正的同時，尙需將入射光源的天頂角與方位角、植被的生長狀態與栽培季節、乃至於大氣干擾與環境效應等一併列入校正。

Shibayama & Weigand(1985)在研究感測器觀測角度與太陽方位角對小麥族群反射比的影響時，發現植被紅光和近紅外光波段的反射比會隨著太陽方位角的升高及觀測角度的增加而上升。此結果類似於本研究的觀測視角試驗，而不同期作及生育階段的不等入射光源方向，也形成了期作間及生育期間測得反射光譜差異。Qi & Huete(1994)在乾燥的草原和灌木叢所量測的結果顯示，太陽方位角愈高，無論向陽正向或背向觀測角度的增加，皆會使得植被反射比的差異加大，亦即擴增了雙向反射比的差異。本研究進行植被光譜量測時，太陽方位角並未居於天頂正中央，反射比也有隨著觀測角度增加而上升的趨勢，而同一觀測角度測得的反射比在不同期作的同一生育期亦非一致，均忠實的反映量測當時的條件及產生的差異。

Pinter *et al.*(1990)以影像光譜儀測定農田影像時，經比較在不同遙測平台(衛星、飛機及地面)拍攝的結果，發現觀測角度的不同會影響反射比的高低。本研究基於上述做法，以近地面量測的高解析反射光譜分別計算出模擬 SPOT 衛星四個波段(G、R、NIR、SWIR)的平均反射比，與相對應的寬頻波段平均反射比及單一窄波段反射比，模擬不同觀測角度在三種遙測平台(近地面、航測、近地面)可能造成的反射比改變。兩期稻作在最大分蘗期及糊熟期測得的植被反射光譜資料(圖 5、圖 6)顯示，在此三種遙測平台獲取的兩生育期波段反射比皆爲二次凹型曲線趨勢，不同年份的表現類似。在分蘗盛期除了紅光波段之外，以窄波段的反射比値最高，其次爲模擬 SPOT 衛星波段及寬頻波段者。紅光波段的不一致，應係 SPOT 衛星波段(610-680 nm)及寬頻波段(640-740 nm)定義的紅光範圍涵蓋部分近紅外光波段所致，尤其是寬頻波段的波長區間較大，較多的近紅外光波段數使計算出的平均反射比較高。窄波段的紅光反射比値則爲單一窄波段値，位於紅光波段的波谷。此三種遙測平台在糊熟期獲取的波段反射比差異，仍以窄波段的反射比値最高，僅 SWIR(短波紅外光)波段在二期稻作表現稍有不同，此可能因糊熟期間植被形態及水分含量的快速變化而影響短波紅外光波段反射比的波動。

値得注意的是，紅光波段的反射比在不同遙測平台上顯示出的明顯差異，倘若選用的波長區間過寬而涵蓋重疊的近紅外光波段，將會使得平均反射比値偏高。如此一來，在計算包括紅光波段的植被指數時，必然造成植被指數之間的嚴重誤差，影響其與植被外觀物理徵狀的關係。再者，資料顯示窄波段的反射比與其對應的模擬 SPOT 衛星的波段平均反射比差距甚小，預料兩者所計算的植被指數應當十分接近，如同陳&楊(2002)的研究結果。因此，倘若能夠排除大氣干擾並給予適當的幾何校正，以

近地面高解析光譜建立的光譜特徵與作物生長性狀之間的光譜特徵模式，將可被衛星載台的遙測資料所利用，進行對地面農作物的生長估測與長期追蹤。另外，圖 5 及 6 的結果也顯示，不同遙測平台的光譜遙測資料均受到感測器觀測角度的影響，無論何種情境之下針對觀測角度的校正工作是不可避免的。雖然本研究的試驗設計及量測的光譜資料未如瑞士 Zurich 大學設計的測定裝置 FIGOS(field goniometer)來的精確與準確，以獲取精細的 BRDF 測定來建立標準模式(Sandmeier & Itten 1997)，卻也提供了基本的輪廓，顯示出觀測角度的影響，提醒重視包括植被在內地表形物雙向反射特性的必要。

誌　　謝

本文研究承蒙行政院農業委員會農業試驗所經費(91 農科-5.1.3-農-C2(Z))支持，謹藉以表示由衷感謝。

引用文獻

陳榮坤、楊純明。2002。以近地面高解析植被光譜及模擬 SPOT 衛星寬頻光譜估測水稻生長性狀的變化。中華農業研究 51(4):1-18。

Brakke, T. W., J.A. Smith and J.M. Harnden. 1989. Bidirectional scattering of light from tree leaves. Remote Sens. Environ. 29:175-183.

Breece, H. T. and R.A. Holmes. 1971. Bidirectional scattering characteristics of healthy green soybean and corn leaves in vivo. Appl. Opt. 10(1):119-127.

Cierniewski, J. 1987. A model for soil surface roughness influence on the spectral response of bare soils in the visible and near-infrared range. Remote Sens. Environ. 23:97-115.

Colwell, J. E. 1974. Grass canopy bidirectional spectral reflectance. p.1061-1085. In Proceedings of the 9th International Symposium on the Remote Sensing of the Environment, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

Coulson, K. L., and D.W. Reyolds. 1971. The spectral reflectance of natural surfaces. J. Appl. Meteorol. 10:1285-1295.

Coulson, K. L., G.M. Bouricius and E.L. Gray. 1965. Optical reflection properties of natural surfaces. J. Geophys. Res. 70:4601-4611.

Deering, D. W. 1989. Field measurements of bidirectional reflectance. p.14-65. In: Theory and Applications of Optical Remote Sensing. (G. Asrar, Ed.). Wiley, New York.

Deering D. W., E.M. Middleton and J.R. Irons. 1992. Prairie grassland bidirectional reflectance measured by different instruments at the FIFE site. J. Geophys. Res. 97(D17):887-903.

Duchemin B. 1999. NOAA/AVHRR bidirectional reflectance: modeling and application for the monitoring of a temperate forest. Remote Sens. Environ.67:51-67.

Eaton, F. D. and I. Dirmhirn. 1979. Reflected irradiance indicators of natural surfaces and their effect on albedo. Appl. Opt. 18:994-1008.

Gemmell F. and A.J. McDonald. 2000. View zenith angle effects on the forest information content of three spectral indices. Remote Sens. Environ. 72:139-158.

Jackons, R. D. and P.J. Pinter, Jr. 1986. Spectral response of architecturally different wheat canopies. Remote Sens. Environ. 20:43-56.

Jackson, R. D., P.M. Teillet, P.N. Slater, G.. Fedosejevs, M.F. Jasinski, J.K. Aase and M. S. Moran. 1990. Bidirectional measurements of surface reflectance for view angle corrections of oblique imagery. Remote Sens. Environ. 32:189-202.

Kimes, D. S. 1983. Dynamics of directional reflectance factor distributions for vegetation canopies. Appl. Opt. 22:1364-1372.

Kimes, D. S., W.W. Newcomb, C.J. Tucker, I.S. Zonneveld, W.V. Wijngaarden, J.D. Leeuw and G. F. Epema.1985. Directional reflectance factor distributions for cover types of northern Africa. Remote Sens. Environ. 18:1-19.

Kirchner, J. A., D.S. Kimes and J.E. McMurtrey, III. 1982. Variation of directional reflectance factors with structural changes of a developing alfalfa canopy. Appl. Opt. 21:3766-3774.

Ni, W., C. E. Woodcock and D.L.B. Jupp. 1999. Variance in bi-directional reflectance over discontinuous plant canopies. Remote Sen. Environ. 69:1-15.

Qi, J., A. R. Huete, F.Cabot and A. Chehbouni. 1994. Bidirectional properties and utilization of high-resolution spectra from a semiarid watershed. Water Resour. Res. 30:1271-1279.

Pinter, P.J., Jr., R.D. Jackson and M.S. Moran. 1990. Bidirectional reflectance factors of agricultural targets: A comparison of ground-, aircraft-, and satellite-based observations. Remote Sens. Environ. 32:215-228.

Ross, J. K. 1981. The Radiation Regime and Architecture of Plant Stands, Dr. W. Junk Pubisher, The Hague, The Nether lands.

Sandmeier, S. and K.I. Itten. 1997. A physically-based model to correct atmospheric and illumination effects in optical satellite data of rugged terrain. *IEEE.* Trans Geosci. Remote Sens. 35(3):708-717.

Sandmeier, S., C. Müller, B. Hosgood and G. Andreoli. 1998. Physical mechanisms In Hyperspectral BRDF Data of Grass and Watercress. Remote Sensing of Environ. 66:222-223.

Sandmeier S. and D.W.Deering. 1999. Structure analysis and classification of boreal forest using airborne hyperspectral BRDF data form ASAS. Remote Sens.Environ. 69:281-295.

Shibayama, M. and C.L. Weigand. 1985. View azimuth and zenith, and solar angle effects on wheat canopy reflectance. Remote Sens. Environ. 18:91-103.

Solheim, I. O. Engelsen, B. Hosgood and G. Andreoli. 2000. Measurement and modeling of the spectral and directional reflection properties of lichen and moss canopies. Remote Sens. Environ. 72:78-94.

Solheim, I. and O. Engelsen. 1998. Detection of lichen covered areas in Landsat-5 TM scene by the use of bidirectional reflectance factors. p.83-86. In Proceedings. of the *27th Internationa Symposium on Remote Sensing of Environment*, Tromsø, Norway. ISRSE, NSC.

Walter-Shea, E.A., J.M. Norman and B.L.Blad. 1989. Leaf bidirectional reflectance and transmittance in corn and soybean. Remote Sens. Environ. 29:161-174.

Changes of Canopy Reflectance Spectrum and Spectral Characteristics to Viewing Angles of Spectroradiometer: A Case Study in Rice[1]

Yuh-Jyuan Lee[2] and Chwen-Ming Yang[2,3]

Summary

Lee, Y. J. and C. M. Yang. 2003. Changes of canopy reflectance spectrum and spectral characteristics to viewing angles of spectroradiometer: A case study in rice. J. Agric. Res. China 52:297-310.

Field experiments were conducted in the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute at Wufeng, Taiwan to study changes of canopy reflectance spectrum and spectral characteristics to viewing angles of spectroradiometer for rice plants grown in the first and the second cropping seasons of 2002. By analysis of the ground-based remotely sensed hyperspectral reflectance data, it was found that curves of reflectance spectrum were affected by the viewing angles in both maximum tillering and dough stages in both crops. In general, reflectance was lower at nadir viewing and was increased with the increasing viewing angles. When further divided the measured spectral domain (350-2500 nm) into 10 broad bands, i.e., UV(350-400 nm), V(400-425 nm), B(425-490 nm), G(490-560 nm), Y(560-585 nm), O(585-640 nm), R(640-740nm), NIR(740-1300 nm), SWIR(1300-1800 nm), and MIR(1800-2400 nm), it was shown a quadratic function for the relationships between waveband mean reflectance and viewing angles. Again, generally reflectance was elevated with the increase of viewing angle, either face to or back to the sun. By calculating the simulated wavebands(G, R, NIR and SWIR)mean reflectance of SPOT satellite and comparing to the corresponded broad-band and narrow-band values, it indicated that usually reflectances of narrow bands were greater than values of SPOT and broad bands and were all exhibited a curvilinear trend to the viewing angles.

Key words : *Oryza sativa* L., Solar zenith angle, Viewing zenith angle, Narrow band, Broad band.

---

1. Contribution No.2171 from Agricultural Research Institute, Comncil of Agriculture. Accepted : September 29, 2003.
2. Research assistant and senior agronomist/research fellow, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan , ROC.
3. Corresponding author, e-mail: cmyang@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23396057.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:311~323(2003)

水稻粒形量化分析－I、形狀參數之決定 [1]

呂秀英 [2,4] 魏夢麗 [2] 呂椿棠 [2] 陳烈夫 [3]

摘 要

呂秀英、魏夢麗、呂椿棠、陳烈夫。2003。水稻粒形量化分析－I、形狀參數之決定。中華農業研究 52:311-323。

隨著市售稻米品牌愈來愈多，爲求能夠快速且準確地區分出穀粒樣品間的形狀差異，進行自動化篩選，達到品質管制之目的，於是影像分析系統之應用漸受重視。該項技術在軟體設計方面之發展，首先要確立有效的形狀指標。傳統上以長寬比例將稻米區分爲三類(長、中及短粒形)，但此對影像測量系統而言，則過於簡單而不足以充分地辨識稻米之粒形變異。有關稻米穀粒的形態量化分析研究仍相當闕如，故本研究以 40 個稉稻品種(系) 之稻穀及糙米爲試驗材料，利用可測的長(L)、寬(W)、厚(D)、面積(A)及圓周(P)等幾何特徵，估算 7 種二維(2D)或三維(3D)之形狀參數(S1~S7)，並探討這些形狀參數之間的關係，以從中找出最能代表水稻粒形的量化指標。結果得知，稻穀或糙米的分析結果一致，若採用 2D 法則建議利用長、寬及面積所建立之形狀參數 S2(=L/A)、S5(=4A/πLW)、S6(=W/L)，就能有效地將稻穀及糙米之粒形予以量化；若考慮 3D 法，則可再搭配形狀參數 S7(=(L+W)/2D)。

關鍵詞：稉稻、粒形、幾何特徵、形狀參數、影像分析系統。

前 言

稻米穀粒形狀其實複雜而不明確，在缺乏精確的定義下一般以長寬比例來加以描述(郭 1986；劉 1986)。國際上稻米粒形以長寬比例分爲三類：長粒形、中粒形及短粒形(曾&鄧 1984)，我國亦以此作爲國家標準(CNS)來區分稻穀，而糙米則依長寬比分爲細長形、中間形及粗圓形米。這在過去育種遺傳研究上或許堪用，但隨著市售稻米品牌愈來愈多，爲求能夠快速且準確地區分出穀粒間的形狀差異，藉以辨識稻穀在去殼及碾米過程中的形狀變異，進行自動化篩選，達到品質管制之目的，僅憑藉這些長、寬之簡單幾何測度及其比例間差異性的視覺評估，顯然不足，亦不免過於主觀，於是利用影像分析技術原理所開發的視覺機器漸受重視。

影像處理運用於穀粒形狀的研究，以小麥爲最多(Keefe 1992；Keefe & Draper 1986, 1988；Myers & Edsall 1989；Shouche *et al.* 2001；Symons & Fulcher 1988；Travis & Draper 1985；Zayas *et al.* 1985, 1986)，除此還有燕麥(Pietrzak & Fulcher 1995)、亞麻子(Keefe 1999)、稻(Sakai *et al.* 1996)等。目前穀

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2172 號。接受日期：92 年 9 月 29 日。
2. 本所農藝組研究員、助理研究員與助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 本所農場管理組助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件：iying@wufeng.tari.gov.tw，傳眞機：(04)23302806。

粒影像分析技術運用在商業上的價值是發展出高效率的數位影像系統，以快速及準確地測量出穀粒的幾何特徵及其形狀參數，據此來進行品種間或品種內粒形變異的辨識。Sapirstein(1995)認爲將影像分析技術運用於穀粒之客觀辨識及分類的工作，雖起步甚早，迄今將近20年，但仍屬一門新興的科學。在這些技術的發展背後，潛在著硬體及軟體之不同層面的問題，硬體方面涉及自動化技術改良，而軟體設計方面之首要工作是要確立有效的形狀指標。因此，有關穀粒形態量化估計方面的研究及如何發展出一套辨識方法，就顯得更爲重要。

迄今已提出的形狀指標很多，主要可分爲兩類：其一是由一些容易測量之幾何特徵間的關係，建立有用的形狀參數(shape parameters)；另一是利用灰階影像計算其原始或標準化的各種動差(moment)變量，來判別物體形態(Jain 1995)。前者比較直接而簡單，而後者較爲細密但繁瑣。例如 CIS 套裝軟體(Comprehensive Image Processing Software Package)就是使用動差分析來建立物質和生物科學上的形態分析(Rastogi *et al.* 1998)，而 Shouche *et al.*(2001)採用這套軟體，根據歐氏距離(Euclidean distance)分類法，發現某些小麥品種以動差較形狀參數可更清楚地被辨識出來。不過，目前還是以簡單的形狀參數最廣受使用，例如用以描述平面形狀的緊密性(compactness)、圓形性(roundness)、伸長性(elongation)等統計量或各種比例值(Cerdà & García-Fayos 2002；Kimura & Aikawa 1986；Rosenfeld & Kak 1976；Schäfer & Teyssen 1987；Symons & Fulcher 1988；Yonekawa *et al.* 1996；Zayas *et al.* 1985,1986)。不管何種粒形量化分析，數位影像分析絕大多數仍是以模擬人類眼睛所形成的二維(two-dimensional, 2D)之平面影像爲基礎。這是因爲人類眼睛觀察物件時是以 2D 形成影像，而物件在空間中的各種三維(three-dimensional, 3D)排列大多會造成相同的影像，因此人類視覺系統是使用種種線索來減少或消除這種模糊性，而這些線索大多以簡化準則來表達(Rosenfeld & Kak 1976)。一個形狀的複雜性決定於該形狀所持有的資訊量。因此，從 2D 形狀推論到 3D 形狀是研究機器視覺的一個重要挑戰(Yonekawa *et al.* 1996)。Sakai *et al.*(1996)建議稻米粒形之測量採 2D 法而未必需要使用 3D 法，理由是米粒具有透光性，而且雖然 2D 法會損失某些粒形資訊，但其測量系統較簡單且很多樣品可以一起處理。但作物穀粒畢竟是一種 3D 立體結構，此即涉及粒厚之測量。有關作物穀粒之 3D 形狀參數迄今仍相當闕如，Cerdà & García-Fayos(2002)將 Poesen(1987)對石粒形狀之定義沿用於不同物種之植物種子形狀，以一個平整度指標(flatness index)來描述粒形的 3D 結構，但其取得粒厚數據的方式是直接用尺測量而非透過數位影像分析技術。在數位影像分析上若欲準確測得粒厚，目前有些技術問題仍待克服。

影像分析技術在稻米穀粒形狀應用上的報告甚少，Sakai *et al.* (1996)利用四個水稻品種(分屬於稉稻、秈稻及 Javanica 之三種不同型態)來探討三種碾米方法對粒形的影響，其是直接使用可測量的幾何特徵來建立描述平面的形狀參數，而所引用的形狀參數爲 Rosenfeld & Kak (1976)之緊密性與最大寬長比例之伸展性。但 Sakai *et al.* (1996)亦指出只根據這兩個形狀參數，對稻米穀粒形狀所獲資訊仍顯不足，有待發展更一般化的量化測度。國內大多以栽培短圓粒形之稉稻爲主，僅憑傳統之寬對長(或長對寬)之比例值所定義的簡單形狀觀念，欲在同樣是短圓粒形品種間或品種內再辨識其間的形狀變異，是相當困難的。因此，本研究以 1999 年在本所試驗田區進行之 40 個稉稻品種(系)的一期作栽培試驗資料，分別以稻穀及糙米，利用可測的長、寬、厚、面積及圓周等幾何特徵，估算各種 2D 及 3D 形狀參數，並探討這些形狀參數之間的關係，進而從中找出最能代表水稻粒形的量化指標。

材料及方法

本試驗於 1999 年一期作在行政院農業委員會農業試驗所農場田區進行。所使用之水稻品種材料列如表 1。編號 1～32 爲國內歷年來育成的稉稻品種(系)，編號 33～40 爲常作爲育種親本之其他國家來源的稉稻品種(其中 33～39 爲日本品種，40 爲菲律賓品種)。水稻栽培時之行株距爲 30×15cm，採單本植，小區面積 1.2×3m^2，重複三次，採用逢機完全區集設計(RCBD)。施用之肥料用量爲

$N:P_2O_5:K_2O$=150：58：90 kg/ha，其中氮肥 60 kg/ha 與磷、鉀全量以基肥施用，其餘之氮肥分兩次用爲追肥；栽培管理依慣行法爲之。

將所收穫的各水稻品種穀粒，逢機取出 80 粒，分別測量稻穀及去殼後之糙米的長(L)、寬(W)、厚(D)、面積(A)及圓周(P)之各種幾何特徵。其中除了粒厚是以傳統的測量計求得外，其餘特徵均是利用 SigmaScan Pro 之影像測量軟體(Jandel Scientific Cor. 1995)讀取由數位相機所攝得之影像檔案所測量得到。

然後，利用上述幾何特徵估算七種粒形參數，如表 2 所列。表中公式內的π=3.141516....爲圓周率。前六種粒形參數爲 2D 形狀參數，其中第一～五種形狀參數係引用 Symons & Fulcher (1988)及 Shouche *et al.* (2001)的方法，而第六種粒形參數則爲傳統的寬長比例值。除 S2, S3 及 S5 以外，其餘 2D 形狀參數出現在其他研究報告中的名詞定義略有不同：S1 呈現相對於圓周的圓形或緊密程度(Schäfer & Teyssen 1987)，亦相當於 Rosenfeld & Kak (1976)的緊密性及 Zayas *et al.* (1985,1986)的圓形因子(circularity shape factor)之倒數；S4 呈現相對於面積的圓形-緊密程度(Schäfer & Teyssen 1987)或延伸程度(Balck 1980)，亦即 Kimura & Aikawa (1986)所定義的圓形性；S6 爲一種常用作簡單形狀定義的觀念

表 1. 四十個參試稉稻品種名稱及其來源

Table 1. Name and source of 40 tested japonica rice varieties

No.	Variety name	Chinese name	Source	No.	Variety name	Chinese name	Source
1	Chianan 4	嘉南 4 號	Taiwan	21	Taikeng 9	臺稉 9 號	Taiwan
2	Chianungyu 2574	嘉農育 2574 號	Taiwan	22	Taikeng 10	臺稉 10 號	Taiwan
3	Hsinchu 62	新竹 62 號	Taiwan	23	Taikeng 13	臺稉 13 號	Taiwan
4	Hsinchu 64	新竹 64 號	Taiwan	24	Taikeng Glutinous 5	臺稉糯 5 號	Taiwan
5	Hualienkang 12	花蓮港 12 號	Taiwan	25	Tainung 45	臺農 45 號	Taiwan
6	Kaohsiung 139	高雄 139 號	Taiwan	26	Tainung 61	臺農 61 號	Taiwan
7	Kaohsiung 142	高雄 142 號	Taiwan	27	Tainung 67	臺農 67 號	Taiwan
8	Kaohsiung 6	高雄 6 號	Taiwan	28	Tainung 68	臺農 68 號	Taiwan
9	Kaohsiung 20	高雄 20 號	Taiwan	29	Taipei 12	臺北 12 號	Taiwan
10	Kaohsiung 64	高雄 64 號	Taiwan	30	Taipei 173	臺北 173 號	Taiwan
11	Nungyu 1342	農育 1342 號	Taiwan	31	Taipei 191	臺北 191 號	Taiwan
12	Tachung 190	台中 190 號	Taiwan	32	Taitung 26	臺東 26 號	Taiwan
13	Taichung 65	台中 65 號	Taiwan	33	Kinmaze	金南風	Japan
14	Taichung Native 1	台中在來 1 號	Taiwan	34	Nohrin 41	農林 41 號	Japan
15	Taikeng 1	臺稉 1 號	Taiwan	35	Nohrin 46	農林 46 號	Japan
16	Taikeng 2	臺稉 2 號	Taiwan	36	Oho-ina	大稻	Japan
17	Taikeng 4	臺稉 4 號	Taiwan	37	Reinei	黎明	Japan
18	Taikeng 5	臺稉 5 號	Taiwan	38	Tadorokiwase	轟生早	Japan
19	Taikeng 6	臺稉 6 號	Taiwan	39	Tareho	タレ穗	Japan
20	Taikeng 8	臺稉 8 號	Taiwan	40	Malaigit Pirurutong		Philippine

表 2. 由測量之幾何特徵所推導出的水稻粒形參數

Table 2. Shape parameters derived from measured geometric features of grains in rice

Symbol	Description[z]	
S1	Shape parameter 1:	$4\pi A/P^2$
S2	Shape parameter 2:	L/A
S3	Shape parameter 3:	A/L^3
S4	Shape parameter 4:	$A/((L/2)(L/2)\ \pi) = 4A/\pi L^2$
S5	Shape parameter 5:	$A/((L/2)(W/2)\ \pi)=4A/\pi LW$
S6	Shape parameter 6:	W/L
S7	Shape parameter 7:	(L+W)/2D

[z] L=maximum length, W=maximum width, H=depth, A=area, P=perimeter, π=ratio of the circumference of a circle to its diameter=3.141516....

比例值(Symons & Fulcher 1988)，相當於 Yonekawa *et al.*(1996)的伸長性，國內在水稻育種遺傳研究上習慣以其倒數(即長對寬之比例值)將稻米形狀進行簡單之分類，而 Poesen (1987)則將其倒數另定義爲離心率指標(eccentricity index)。一個圓形具有等於 1 的形狀參數 S4 和最大值的形狀參數 S1 及 S6。最後的第七種形狀參數 S7 爲 Cerdà & García-Fayos (2002)所使用之 3D 形狀參數，即 Poesen (1987)所定義之平整度指標。一個圓球體具有等於 1 的形狀參數 S7，其值愈大則趨於橢圓體或紡錘體。

首先分開稻穀及糙米，各探討上述各種幾何特徵和七種粒形參數間的相關關係，進而利用多變數分析中的因素分析(factor analysis)將其減爲較少無相關的變數，並從無相關的新變數中做原變數同質性歸類，據此找出最能代表水稻粒形的量化指標。本研究各項資料分析均係利用 SAS 套裝統計分析軟體(SAS Institute Inc. 1999)進行運算。

結 果

40 個稉稻品種的稻穀和糙米之長(L)、寬(W)、厚(D)、面積(A)及圓周(P)的實測值如表 3、4 所示，由於這些品種都屬於短圓粒形之稉稻，故長、寬及厚之實測平均值範圍相當狹窄，且各品種之 CV 值亦均甚小；相對於其他四種實測性狀，面積在各品種內及品種間的 CV 則較大，表示稻穀及糙米的大小有較大之變異。利用這些可測的幾何特徵所估算的七種粒形參數，各列於表 5、6，無論是稻穀或糙米，其中各品種均以 S1、S6 及 S7 的變異(CV)最小，其次爲 S2、S5、S4，而以 S3 在品種內的變異最大；由品種間之 CV 來看，無論是稻穀或糙米，均爲 S5<S1<S7<S2<S6<S4<S3，仍以 S3 在品種間的變異最大。

稻穀(對角線右方)及糙米(對角線左方)的測量幾何特徵值及形狀參數間的相關關係，如表 7 所列。稻穀及糙米的相關分析結果一致：面積和圓周之間呈極顯著相關，而粒長及粒寬同時影響面積，但粒長對圓周的影響則甚於粒寬；粒長及粒寬之間無明顯的直線關係，然粒寬及粒厚之間則存在極顯著正相關關係；除了粒形參數 S5 以外，其餘五種粒形參數之間皆呈極顯著的正或負相關關係，S1、S3、S4、S6 之間呈正相關關係，但都與 S2、S7 呈負相關關係。

進而利用因素分析將其減爲較少無相關的變數。在轉軸前，稻穀及糙米的前兩個因素之直線傾斜度變化很大，然後斜率即變得甚小，如圖 1 所示，且其已能各解釋 84%及 85%之變異量，故選擇兩個共同因素來解釋資料。爲使實驗分析項目在這些成份上顯出最大的個別差異來，以從無相關的新變數中做原變數同質性歸類，再利用最大變異轉軸法(varimax rotation)，獲得轉軸後稻穀及糙米資料的兩個因素之分布圖，示於圖 2。從圖 2 之稻穀因素分布圖可將其幾何特徵和形狀參數之 12 種變數分爲六組，即(W,D)、(L,A,P)、(S1,S3,S4,S6)、(S2)、(S5)、(S7)，各組內之變數有密切關係。由圖 2 之糙米因素分布圖亦獲得相當一致的變數分組結果。

由上述分析顯示 S1,S3,S4,S6 四種粒形參數是同質性甚高的形狀指標，它們所代表的都是屬於描述圓形-緊密性的量化測度，故在實際應用上應該只要選擇其中一種與 S2、S5(僅考慮 2D 結構)或 S2、S5、S7(考慮 3D 結構)合併使用即可。從表 5~6 之 CV 值表現來看，由於 S1、S3、S4、S6 中以 S3 在品種間的變異最大，理論上各品種間可以獲得較大變異而有利於比較，但由於 S3 在品種內的變異也最大，多少會影響測量的精確度；反之若採以品種內變異最小的 S1，因其在品種間之變異亦最小，恐怕不利於凸顯品種間的粒形差異性；S4 在品種內及品種間的 CV 介於 S1 和 S3 之間；而寬長比例值(S6)在品種內變異最小(甚小於 S3 及 S4)，而品種間變異也較大(僅次於 S3)，若欲在這組代表圓形-緊密性之同質性甚高的形狀指標中進行選擇，則以 S6 較理想。由於 S7 是一種 3D 形狀參數，故與其他六種 2D 形狀參數的同質性並不高(圖 2)。但無論稻穀或糙米，粒寬及粒厚之間均具有高度的同質性(圖 2)，由此看來，稻米粒形之測量不用 3D 法而採 2D 法所損失的粒形資訊可能相當有限。採用 2D 法之測量系統的優點是較爲簡單且很多樣品可以一起處理。綜合本研究結果，若採用 2D 法則建議利用可測量的幾何特徵(長、寬、面積)所建立之形狀參數 S2、S5、S6 即可。

表 3. 四十個粳稻品種之稻穀的實測長(L)、寬(W)、厚(D)、面積(A)及圓周(P)

Table 3. Measured length (L), width (W), depth (D), area (A) and perimeter (P) of rice grain for 40 japonica rice varieties

	L		W		D		A		P	
Variety[z] No.	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm^2)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)
1	7.07	4.96	3.52	5.21	2.14	4.09	18.48	8.26	17.91	4.05
2	7.19	5.26	3.41	4.90	2.24	3.03	18.39	8.63	18.06	4.76
3	7.16	5.21	3.45	4.20	2.17	4.77	17.94	8.48	17.88	4.73
4	7.58	4.41	3.55	4.77	2.27	4.66	19.99	8.06	18.99	4.28
5	7.15	5.91	3.15	8.33	2.07	6.81	16.81	12.31	17.63	5.67
6	7.49	4.16	3.53	4.92	2.25	3.93	19.45	7.76	18.70	3.77
7	7.13	4.25	3.55	5.01	2.32	3.98	18.68	7.47	18.11	3.72
8	7.55	4.80	3.51	4.87	2.18	4.97	19.04	7.68	18.61	4.21
9	6.83	4.86	3.47	4.69	2.20	5.99	17.34	8.21	17.34	4.44
10	7.12	6.40	3.52	5.23	2.28	5.06	18.75	9.69	18.14	5.59
11	7.23	5.49	3.17	5.27	2.16	4.55	17.11	8.62	17.91	4.79
12	7.18	4.72	3.49	5.37	2.25	3.15	18.59	8.72	18.11	4.28
13	7.31	4.95	3.52	4.51	2.26	3.33	19.01	8.47	18.40	4.28
14	7.39	4.63	3.67	6.34	2.33	5.95	21.10	7.49	19.13	4.29
15	7.32	5.08	3.44	4.80	2.26	3.51	18.46	8.17	18.32	4.15
16	6.92	4.94	3.41	4.34	2.22	3.71	17.70	8.06	17.59	4.41
17	7.29	4.75	3.58	4.20	2.28	3.86	19.13	7.64	18.37	4.23
18	7.14	4.09	3.40	4.29	2.25	2.90	18.21	8.41	18.08	4.24
19	7.38	5.36	3.54	4.87	2.24	4.45	19.15	8.31	18.54	4.71
20	7.09	5.10	3.52	5.01	2.32	4.75	18.38	8.00	18.11	4.08
21	7.01	4.10	3.36	4.50	2.16	3.31	17.08	6.64	17.49	3.60
22	6.59	4.21	3.65	4.58	2.27	4.47	17.48	7.67	17.09	3.80
23	7.29	4.87	3.66	4.67	2.35	3.53	19.63	7.75	18.54	4.01
24	7.47	4.80	3.89	4.35	2.46	3.22	21.56	8.66	19.21	4.49
25	6.79	4.23	3.61	4.15	2.23	4.99	18.05	5.77	17.54	3.23
26	7.25	4.77	3.72	4.65	2.24	5.77	19.68	8.16	18.35	4.34
27	7.00	4.35	3.60	4.42	2.35	3.92	18.83	7.26	18.02	3.98
28	7.34	5.37	3.34	5.19	2.18	4.69	18.31	8.45	18.32	4.36
29	7.44	5.94	3.72	4.47	2.36	3.88	19.80	7.47	18.67	4.60
30	7.37	5.73	3.71	5.90	2.36	6.46	19.85	8.67	18.59	5.07
31	7.31	5.51	3.63	4.85	2.27	5.69	18.75	7.94	18.23	4.90
32	6.99	4.84	3.69	4.46	2.40	4.71	19.16	7.07	18.04	3.84
33	7.51	4.67	3.45	4.84	2.15	5.09	18.60	8.01	18.66	5.04
34	7.72	6.66	3.56	6.23	2.22	5.15	20.25	10.59	19.48	6.88
35	7.50	4.24	3.42	4.89	2.24	4.70	18.36	7.31	18.81	4.51
36	7.18	5.20	3.37	4.39	2.20	3.98	17.26	6.76	17.97	5.39
37	6.93	5.40	3.56	5.70	2.26	4.19	17.61	8.87	17.50	4.72
38	6.89	5.11	3.35	4.94	2.18	4.63	16.54	7.93	17.40	5.72
39	7.48	5.66	3.71	4.69	2.39	5.20	19.89	8.54	19.06	6.13
40	7.60	5.82	3.53	5.79	2.21	3.23	19.60	7.85	18.82	4.96
$LSD_{0.05}$	0.11		0.05		0.03		0.48		0.26	
CV(%)	3.44		4.18		3.54		5.98		3.05	

[z] See Table 1.

表 4. 四十個稉稻品種之糙米的實測長(L)、寬(W)、厚(D)、面積(A)及圓周(P)

Table 4. Measured length (L), width (W), depth (D), area (A) and perimeter (P) of brown rice for 40 japonica rice varieties

Variety [z] No.	L		W		D		A		P	
	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)	Mean (mm^2)	CV (%)	Mean (mm)	CV (%)
1	5.15	4.10	3.02	4.23	1.93	5.33	12.68	7.40	14.22	3.44
2	5.27	4.69	2.96	5.01	2.02	3.22	12.46	7.76	14.23	3.76
3	5.07	4.65	2.88	4.86	1.98	5.97	12.14	7.62	13.91	3.80
4	5.47	4.23	3.04	5.20	2.04	6.16	13.65	7.91	14.85	3.93
5	5.27	4.68	2.70	8.68	1.84	7.81	11.60	11.02	13.86	5.02
6	5.33	3.67	2.97	4.52	2.02	4.80	12.76	5.88	14.34	2.77
7	5.13	4.05	3.06	5.32	2.08	5.32	12.68	7.08	14.15	3.44
8	5.36	3.73	2.94	5.15	1.95	7.07	12.95	7.46	14.46	3.69
9	4.90	5.05	2.90	4.60	2.00	7.26	11.40	9.53	13.39	4.93
10	5.31	6.10	3.07	5.38	2.07	6.49	13.30	9.30	14.51	5.19
11	5.09	4.86	2.72	5.53	1.95	6.04	11.55	7.90	13.74	3.72
12	5.23	5.01	3.02	5.07	2.06	3.67	12.93	7.96	14.43	4.00
13	5.34	4.62	2.98	5.02	2.04	4.09	12.88	7.85	14.41	3.97
14	5.31	3.59	3.15	6.79	2.08	6.51	13.56	8.03	14.68	3.66
15	5.37	4.23	2.95	3.49	2.04	3.68	12.56	7.37	14.40	3.68
16	5.12	4.55	2.95	4.61	2.02	4.17	11.98	7.51	13.83	4.11
17	5.34	4.35	3.03	4.68	2.05	4.56	13.13	7.61	14.51	4.23
18	5.27	4.39	3.00	4.71	2.05	3.37	13.00	6.81	14.43	3.51
19	5.32	4.45	3.05	5.09	1.98	5.88	12.96	8.37	14.39	4.08
20	5.18	4.00	3.01	6.42	2.07	6.82	12.46	7.55	14.08	3.38
21	4.90	3.19	2.81	4.33	1.91	4.29	11.46	6.35	13.54	2.87
22	4.75	4.62	3.08	4.83	2.01	5.22	11.83	8.59	13.49	3.98
23	5.12	4.29	3.10	5.81	2.08	4.76	12.95	8.50	14.28	3.79
24	5.22	4.57	3.25	4.38	2.21	4.17	13.88	8.22	14.66	4.13
25	4.94	4.83	3.10	4.46	2.02	5.92	12.28	8.09	13.82	4.08
26	5.16	4.44	3.10	5.25	1.99	7.73	13.06	8.11	14.36	4.41
27	4.96	4.51	3.11	6.56	2.11	4.68	12.66	8.97	14.13	4.18
28	5.30	4.97	2.87	5.22	1.97	5.81	12.49	9.62	14.31	4.74
29	5.25	4.86	3.14	4.19	2.13	4.03	13.48	6.98	14.58	3.73
30	5.40	10.96	3.14	8.86	2.13	8.68	13.04	8.32	14.41	4.11
31	5.17	5.33	2.98	4.70	2.04	7.09	12.43	8.76	14.08	4.49
32	5.04	3.84	3.14	4.29	2.12	7.77	12.79	7.33	14.13	3.63
33	5.48	4.69	2.81	6.47	1.94	7.21	12.46	8.17	14.42	4.21
34	5.46	5.41	2.86	5.37	1.97	5.52	12.68	9.54	14.49	5.08
35	5.19	3.82	2.81	4.17	1.98	5.39	12.10	7.27	14.01	3.72
36	5.12	4.49	2.83	4.85	1.96	5.03	11.65	6.70	13.71	3.55
37	4.91	4.06	2.97	4.45	2.05	5.47	11.94	7.70	13.70	4.22
38	4.90	4.67	2.82	5.42	1.98	5.25	11.21	8.60	13.39	3.98
39	5.19	5.44	3.03	4.63	2.14	5.62	13.00	9.44	14.35	4.82
40	5.38	4.55	2.93	5.31	1.98	3.36	13.09	7.11	14.57	3.71
$LSD_{0.05}$	0.08		0.05		0.04		0.31		0.18	
CV(%)	3.42		4.19		3.49		5.18		2.62	

[z] See Table 1.

表 5. 四十個粳稻品種之稻穀的七種形狀參數估計值

Table 5. Estimated values of 7 shape parameters of rice grain for 40 japonica rice varieties

Variety[z] No.	S1[y]		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	m	CV (%)	m (mm^{-1})	CV (%)	m (mm^{-1})	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)
1	0.72	3.73	0.39	8.46	0.050	14.49	0.47	10.78	0.95	9.41	0.50	5.77	2.48	5.78
2	0.71	3.18	0.39	9.52	0.050	16.80	0.46	12.26	0.96	10.58	0.48	4.91	2.37	5.10
3	0.70	4.04	0.40	8.88	0.046	16.52	0.45	12.00	0.93	10.47	0.48	4.79	2.45	6.69
4	0.70	3.29	0.38	9.14	0.047	15.29	0.45	11.89	0.95	11.38	0.47	4.35	2.45	5.74
5	0.68	5.35	0.43	14.12	0.047	22.03	0.42	17.33	0.96	15.70	0.44	8.56	2.49	6.72
6	0.70	4.23	0.39	8.46	0.052	13.81	0.44	10.78	0.94	10.70	0.47	4.39	2.45	4.50
7	0.72	3.57	0.38	9.06	0.045	15.22	0.47	11.73	0.94	10.79	0.50	5.57	2.31	5.18
8	0.69	3.79	0.40	9.67	0.055	17.00	0.43	12.92	0.92	12.02	0.46	4.60	2.55	7.55
9	0.72	4.42	0.40	8.29	0.053	14.71	0.48	10.95	0.94	9.32	0.51	5.37	2.35	7.11
10	0.72	4.14	0.38	10.42	0.046	21.22	0.48	14.78	0.96	11.97	0.50	6.04	2.33	7.07
11	0.67	5.86	0.43	10.14	0.051	17.90	0.42	13.56	0.96	12.57	0.44	6.50	2.41	6.52
12	0.71	3.52	0.39	10.22	0.050	16.66	0.46	12.85	0.95	12.84	0.49	4.78	2.37	5.05
13	0.70	3.45	0.39	10.95	0.053	18.19	0.46	14.05	0.95	12.09	0.48	5.30	2.40	4.84
14	0.72	3.64	0.35	9.29	0.048	16.54	0.50	12.64	1.00	12.30	0.50	6.93	2.38	6.42
15	0.69	3.72	0.40	9.53	0.054	17.32	0.44	13.01	0.94	11.34	0.47	5.26	2.38	4.86
16	0.72	3.42	0.39	9.56	0.050	17.07	0.47	12.89	0.96	11.03	0.49	4.82	2.33	4.91
17	0.71	3.15	0.38	10.39	0.051	17.87	0.46	13.71	0.94	12.00	0.49	4.21	2.39	5.31
18	0.70	4.16	0.39	9.81	0.049	15.29	0.46	12.04	0.96	11.57	0.48	4.64	2.34	4.30
19	0.70	3.94	0.39	10.79	0.052	19.39	0.45	14.47	0.94	13.44	0.48	4.92	2.44	7.06
20	0.70	3.11	0.39	10.35	0.050	17.98	0.47	13.69	0.94	12.92	0.50	5.71	2.30	6.78
21	0.70	4.23	0.41	8.15	0.062	14.00	0.45	10.67	0.93	9.93	0.48	5.05	2.41	5.36
22	0.75	3.52	0.38	8.69	0.051	14.89	0.52	11.33	0.93	10.54	0.55	4.62	2.26	4.77
23	0.72	3.71	0.37	8.84	0.052	16.63	0.47	12.25	0.94	10.61	0.50	4.82	2.33	5.83
24	0.73	3.09	0.35	9.37	0.058	15.08	0.50	11.79	0.95	11.22	0.52	4.31	2.31	4.85
25	0.74	3.84	0.38	6.72	0.052	12.97	0.50	9.39	0.94	8.11	0.53	5.49	2.34	6.34
26	0.73	3.22	0.37	9.30	0.056	15.78	0.48	12.19	0.93	10.68	0.51	4.51	2.46	6.68
27	0.73	3.46	0.37	9.27	0.047	15.88	0.49	12.02	0.96	11.00	0.51	5.17	2.26	5.05
28	0.69	4.17	0.40	9.52	0.049	17.29	0.44	13.02	0.96	12.15	0.46	5.51	2.46	6.03
29	0.71	4.29	0.38	8.54	0.050	17.98	0.46	12.46	0.92	9.47	0.50	6.95	2.37	6.29
30	0.72	3.78	0.37	9.55	0.049	16.91	0.47	12.49	0.93	11.61	0.50	5.85	2.36	7.57
31	0.71	5.18	0.39	10.06	0.057	19.65	0.45	14.12	0.91	11.94	0.50	5.20	2.41	7.10
32	0.74	3.31	0.37	7.90	0.044	14.48	0.50	10.80	0.95	8.44	0.53	5.63	2.23	5.83
33	0.67	5.84	0.41	9.91	0.045	16.62	0.42	12.90	0.92	12.28	0.46	5.17	2.56	7.23
34	0.67	7.33	0.38	11.41	0.044	21.25	0.44	15.89	0.95	13.74	0.46	5.60	2.55	7.20
35	0.65	5.19	0.41	8.17	0.047	14.08	0.42	10.69	0.92	9.81	0.46	4.59	2.45	6.27
36	0.67	7.17	0.42	9.10	0.054	18.58	0.43	13.36	0.91	10.95	0.47	5.91	2.41	5.68
37	0.72	3.58	0.40	9.68	0.052	17.61	0.47	13.23	0.91	11.99	0.52	5.39	2.32	6.26
38	0.69	7.38	0.42	9.89	0.048	17.93	0.45	13.58	0.92	12.06	0.49	5.70	2.35	5.58
39	0.69	7.23	0.38	8.09	0.046	14.86	0.46	10.57	0.92	8.99	0.50	5.51	2.35	7.15
40	0.70	4.70	0.39	9.45	0.049	17.86	0.44	13.11	0.94	10.49	0.47	8.27	2.52	5.39
$LSD_{0.05}$	0.01		0.01		0.003		0.002		0.03		0.01		0.05	
CV(%)	3.06		4.53		7.80		5.29		1.94		5.06		3.34	

[z] See Table 1.

[y] Definition of S1~S7 see Table 2.

表 6. 四十個稉稻品種之糙米的七種形狀參數估計值

Table 6. Estimated values of 7 shape parameters of brown rice for 40 japonica rice varieties

Variety[z] No.	S1[y]		S2		S3		S4		S5		S6		S7	
	m	CV (%)	m (mm^{-1})	CV (%)	m (mm^{-1})	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)	m	CV (%)
1	0.79	3.49	0.41	7.94	0.093	12.58	0.61	9.41	1.04	8.85	0.59	4.40	2.12	5.30
2	0.77	4.21	0.43	9.36	0.086	16.08	0.57	12.15	1.02	11.13	0.56	5.13	2.04	5.25
3	0.79	3.73	0.42	8.08	0.094	15.50	0.60	10.94	1.06	9.58	0.57	5.30	2.02	6.58
4	0.78	2.88	0.40	7.99	0.084	13.36	0.58	10.18	1.05	9.36	0.56	4.77	2.09	6.40
5	0.76	4.95	0.46	12.72	0.080	17.64	0.53	14.17	1.05	14.55	0.51	7.96	2.17	7.40
6	0.78	3.28	0.42	7.47	0.085	13.34	0.58	10.19	1.03	10.40	0.56	4.65	2.06	5.16
7	0.80	3.03	0.41	7.48	0.095	12.68	0.62	9.54	1.03	8.79	0.60	5.34	1.97	5.59
8	0.78	3.59	0.42	8.01	0.085	13.31	0.58	10.40	1.05	9.56	0.55	5.47	2.14	7.66
9	0.80	3.26	0.43	10.74	0.098	18.03	0.61	13.98	1.03	12.46	0.59	4.85	1.96	6.56
10	0.79	3.50	0.40	9.75	0.091	17.70	0.61	12.66	1.05	11.37	0.58	5.22	2.04	8.59
11	0.77	3.78	0.44	9.05	0.089	15.61	0.57	11.71	1.07	10.36	0.53	6.68	2.01	7.29
12	0.78	3.40	0.41	9.01	0.092	15.68	0.61	11.56	1.05	10.44	0.58	4.88	2.00	5.30
13	0.78	3.84	0.42	8.22	0.086	14.33	0.58	10.79	1.04	10.74	0.56	5.55	2.04	5.11
14	0.79	3.85	0.39	9.24	0.092	14.25	0.62	11.29	1.04	9.13	0.59	7.31	2.04	6.43
15	0.76	3.93	0.43	8.55	0.082	15.52	0.56	11.76	1.01	9.70	0.55	4.58	2.05	4.02
16	0.79	3.63	0.43	9.21	0.090	16.44	0.59	12.49	1.02	11.18	0.58	4.89	2.00	5.10
17	0.78	3.18	0.41	8.90	0.087	15.43	0.59	11.57	1.04	11.05	0.57	4.43	2.05	5.82
18	0.78	3.57	0.41	8.74	0.090	15.51	0.60	11.67	1.05	10.81	0.57	5.01	2.02	4.54
19	0.79	3.46	0.41	9.86	0.087	17.18	0.59	12.93	1.02	11.54	0.57	5.53	2.12	6.50
20	0.79	4.13	0.42	9.23	0.091	14.69	0.59	11.50	1.03	13.44	0.58	6.44	1.98	7.73
21	0.79	3.60	0.43	7.64	0.098	12.25	0.61	9.65	1.06	9.00	0.57	5.07	2.02	4.83
22	0.82	3.30	0.40	9.99	0.112	16.85	0.67	13.03	1.04	12.44	0.65	4.92	1.95	5.11
23	0.80	4.18	0.40	10.47	0.098	15.59	0.63	12.15	1.05	13.47	0.61	5.70	1.98	5.00
24	0.81	2.94	0.38	9.14	0.099	14.89	0.65	11.45	1.05	10.29	0.62	4.25	1.92	4.22
25	0.81	3.60	0.41	10.05	0.103	17.45	0.65	13.14	1.03	12.12	0.63	4.74	2.00	6.79
26	0.80	3.82	0.40	8.55	0.096	14.48	0.63	11.07	1.04	10.48	0.60	4.99	2.09	7.77
27	0.80	3.73	0.40	9.68	0.105	15.69	0.66	12.24	1.05	12.70	0.63	5.73	1.91	4.52
28	0.76	3.22	0.43	10.46	0.085	17.47	0.57	13.25	1.05	12.29	0.54	4.88	2.08	6.93
29	0.80	3.52	0.39	8.16	0.094	15.80	0.63	11.42	1.05	9.22	0.60	5.97	1.97	5.34
30	0.79	3.30	0.42	12.94	0.087	23.71	0.58	17.75	1.00	16.14	0.58	5.64	2.02	14.10
31	0.79	3.81	0.42	9.35	0.091	16.86	0.60	12.47	1.03	11.13	0.58	5.35	2.01	6.77
32	0.80	3.54	0.40	8.67	0.101	14.29	0.64	11.03	1.03	10.17	0.62	4.67	1.95	8.50
33	0.75	4.54	0.44	9.57	0.077	15.66	0.53	11.76	1.04	12.06	0.51	6.45	2.15	8.87
34	0.76	3.82	0.43	9.96	0.079	17.00	0.55	12.55	1.04	11.21	0.53	5.69	2.12	6.61
35	0.77	3.89	0.43	7.84	0.087	11.94	0.57	9.17	1.06	9.03	0.54	3.71	2.02	5.28
36	0.78	3.28	0.44	8.09	0.088	15.45	0.57	11.38	1.03	9.77	0.55	5.43	2.03	5.21
37	0.80	3.70	0.41	8.37	0.102	14.05	0.63	10.70	1.05	10.10	0.60	4.46	1.93	5.71
38	0.78	4.34	0.44	9.96	0.096	15.04	0.60	11.61	1.04	11.53	0.58	6.51	1.95	4.91
39	0.79	3.18	0.40	9.13	0.094	15.14	0.62	11.36	1.06	9.66	0.59	4.74	1.93	5.39
40	0.77	4.15	0.41	8.18	0.085	14.51	0.58	10.80	1.06	8.49	0.55	7.76	2.11	4.21
$LSD_{0.05}$	0.01		0.01		0.004		0.02		0.04		0.01		0.04	
CV(%)	1.83		4.14		8.19		5.43		1.41		5.43		3.28	

[z] See Table 1.

[y] Definition of S1~S7 see Table 2.

表 7. 稉稻之稻穀(對角線右方)及糙米(對角線左方)的測量幾何特徵及形狀參數間之相關關係

Table 7. Correlation among geometric features and shape parameters of rice grain (on the right-hand of diagonal) and brown rice (on the left-hand of diagonal) in japonica rice

	L	W	D	A	P	S1[z]	S2	S3	S4	S5	S6	S7
L		0.15	0.11	0.67***	0.93***	-0.54***	-0.11	-0.82***	-0.55***	-0.04	-0.57***	0.65***
W	0.01		0.81***	0.77***	0.43**	0.64***	-0.91***	0.38*	0.66***	-0.11	0.73***	-0.34*
D	0.01	0.82***		0.67***	0.40*	0.50**	-0.81***	0.35*	0.60***	0.07	0.59***	-0.65***
A	0.62***	0.73***	0.61***		0.87***	0.21	-0.81***	-0.13	0.25	0.22	0.17	0.08
P	0.84***	0.48**	0.40*	0.94***		-0.30	-0.43**	-0.57***	-0.23	0.10	-0.29	0.40*
S1	-0.63***	0.72***	0.58***	0.15	-0.20		-0.71***	0.88***	0.94***	0.20	0.91***	-0.64***
S2	0.04	-0.93***	-0.76***	-0.75***	-0.50**	-0.72***		-0.47**	-0.76***	-0.29	-0.68***	0.40*
S3	-0.87***	0.47**	0.38*	-0.16	-0.47**	0.89***	-0.52***		0.93***	0.21	0.89***	-0.79***
S4	-0.67***	0.70***	0.57***	0.17	-0.16	0.94***	-0.77***	0.95***		0.29	0.93***	-0.75***
S5	-0.14	-0.28	-0.21	-0.02	0.00	-0.07	-0.08	0.11	0.11		-0.07	-0.15
S6	-0.63***	0.77***	0.62***	0.17	-0.17	0.96***	-0.74***	0.92***	0.97***	-0.14		-0.72***
S7	0.67***	-0.40*	-0.68***	0.11	0.36*	-0.71***	0.41**	-0.77***	-0.73***	-0.00	-0.73***	

[z] Definition of S1~S7 see Table 2.

*,**,***: Significant at 5%, 1% and 0.1%, respectively (n=40).

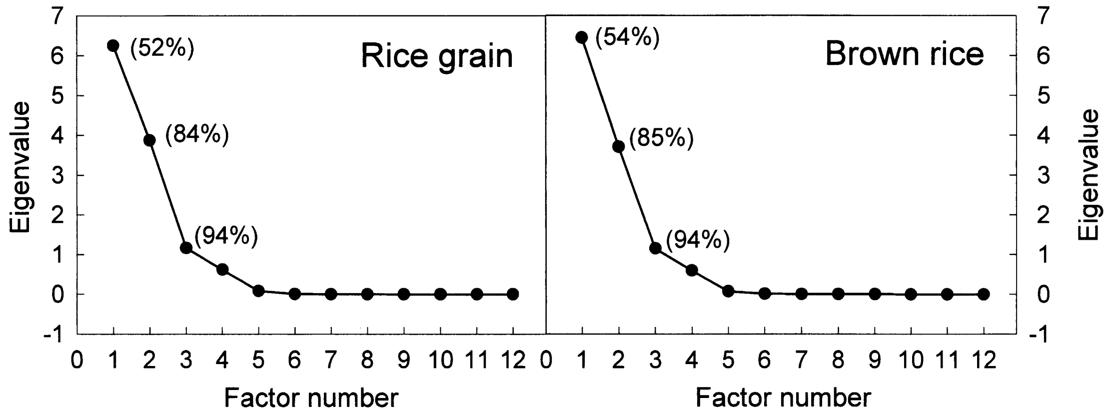

圖 1. 稉稻之稻穀及糙米之測量幾何特徵及形狀參數的因素分析之特性值傾斜圖.(圖上數字爲共同因素變方佔總變方之累計比例)。

Fig. 1. Eigenvalue (scree) plots from factor analysis of geometric features and shape parameters in rice grain and brown rice of japonica rice. (Numbers in the figure indicate the cumulative proportion of variance explained by common factors).

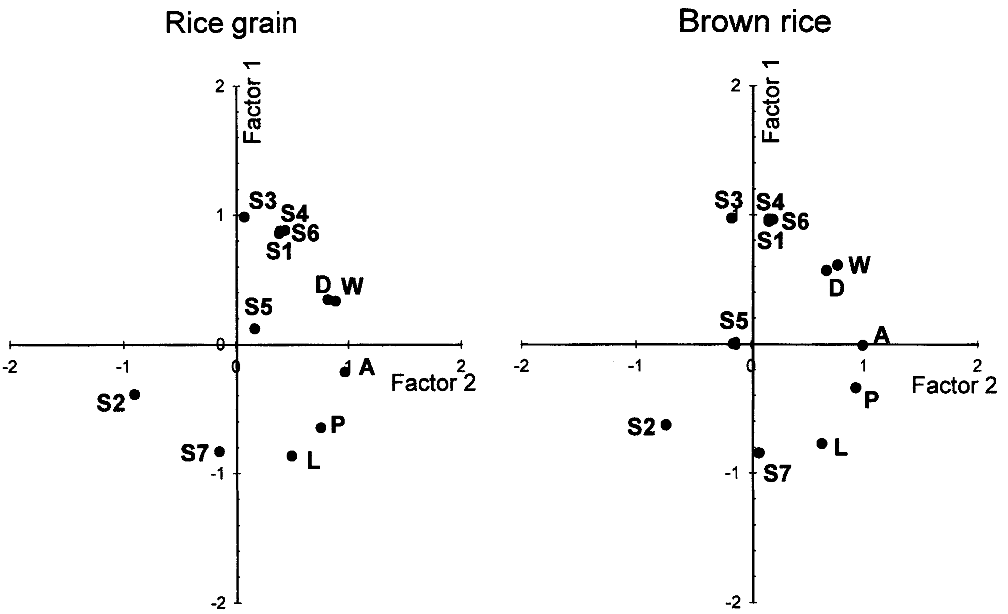

圖 2. 粳稻之稻穀及糙米之測量幾何特徵及形狀參數經最大變異轉軸後的因素分布圖(L：長, W：寬, D：厚, A：面積, P：圓周, S1~S7：七個形狀參數)

Fig. 2. Factor plot after varimax rotation from factor analysis of geometric features and shape parameters in rice grain and brown rice of japonica rice. (L: length; W: width; D: depth; A: area; P: perimeter; S1-S7: seven shape parameters)

討　論

由本研究結果可知，固然用以描述粒形的 2D 形狀參數甚多，其出現在各種研究報告中的名詞定義不一，但其實彼此間的同質性仍相當高，如 S1、S3、S4 及 S6。Sakai *et al.*(1996)利用 2D 影像分析系統探討碾米方法對水稻粒形變異之影響的試驗中，所使用的緊密性及伸展性之兩種形狀參數即各爲此處之 S1 和 S6，而由本研究結果得知，該兩形狀參數都屬於同質性甚高之圓形-緊密性的量化測度，故只要選擇其中的 S6 即可，但仍應再合併使用 S2 及 S5 之形狀參數，始能充分地描述及辨識稻穀及糙米的平面形狀變異。本研究中的 S6 係沿用 Yonekawa *et al.*(1996)之伸長性定義，爲寬對長的比例值，由於國內育種人員習慣以長對寬之比例值來對稻米形狀作粗略的分類(Brandon *et al.* 1981; 郭 1986; 劉 1986)，若將 S6 改以長對寬的比例定義，因兩者間互爲倒數關係，其效果相同。至於 S2 和 S5，係 Shouche *et al.* (2001)在常見的緊密性及伸長性等各種形狀參數之外所提出增列的 2D 形狀參數，雖尚未給予特定的屬性名詞，但由本研究結果得知，該兩形狀參數與其他參數之間的同質性甚低，當可增加某些粒形的 2D 資訊。除此，相對於其他形狀參數，S2、S5、S6 均不涉及圓周的測量，實際操作也較爲方便，因爲即使有影像分析測量軟體的協助，圓周之測量通常也比較棘手。

倘進而考慮 3D 法，除了 S2、S5 及 S6 之三種 2D 形狀參數以外，則可再搭配形狀參數 S7，此涉及粒寬之測量。但目前利用數位影像分析若欲準確測得粒厚，有些技術問題仍待克服，否則難以獲得精確度高的粒厚數據；正如 Cerdà & García-Fayos(2002)在利用此 3D 形狀參數於不同物種之植物種子形狀時，仍以直接用尺測量方式來取得粒厚數據，而非透過影像分析技術。由於水稻糙米具有透光性，

如何提高影像分析系統在測量糙米粒厚之操作準確度，是目前機器設計上重要的挑戰。

Shouche *et al.*(2001)指出利用供試品種與參照品種間之各種形狀參數的歐氏距離，相對於幾何特徵之歐氏距離，更可有效地區分出印度小麥品種間粒形的差異性，故可供作樣品間區分之基礎。針對水稻粒形，如何利用上述所決定之形狀參數，結合歐氏距離之觀念，提供一個適當的數值指標，以判斷稻穀及糙米樣本間之粒形是否相近或差異，限於篇幅，將留待下一篇報告討論。

引用文獻

郭益全。1986。水稻碾米品質及米粒外貌之品種變異。中華農業研究 35:235-243。

曾東海、鄧耀宗。1984。水稻粒型對稻米市場品質之影響。中華農業研究 33:95-108。

劉村明。1986。稻作水田與旱田栽培之粒重、粒型及腹白之差異。中華農學會報新 134:59-63。

Balck, K. 1980. Particle shape characterization of sand. Mikroskopie 37:396-399.

Cerdà, A. and P. García-Fayos. 2002. The influence of seed size and shape on their removal by water erosion. Catena 48:293-301.

Jain, A. K. 1995. Fundamental of Digital Image Processing. Prentice Hall, New Delhi. India. 567 pp.

Keefe, P. D. 1992. A dedicated wheat grain image analyzer. Plant Var. Seeds 5:27-33.

Keefe, P. D. 1999. Measurement of llinseed (*Linum usitattissimum* L.) seed character for distinctness, uniformity and stability testing using image analysis. Plant Var. Seeds 12:79-90.

Keefe, P. D. and S. R. Draper. 1986. The measurement of new characters for cultivar identification in wheat using machine vision. Seed Sci. Technol. 14:715-724.

Keefe, P. D. and S. R. Draper. 1988. An automated machine vision system for morphometry of new cultivars and plant gene-bank accessions. Plant Var. Seeds. 1:1-11.

Kimura, A. and K. Aikawa. 1986. Automatic visual inspection system with a microscope. Automation (Japan) 31:99-106.

Myers, D. G. and K. J. Edsall. 1989. The application of image processing techniques to the identification of Australian wheat varieties. Plant Var. Seeds 2:109-116.

Pietrzak, L. N. and R. G. Fulcher. 1995. Polymorphism of oat kernel size and shape in several Canadian oat cultivars. Can. J. Plant Sci. 75:105-109.

Poesen, J. 1987. Transport of rock fragments by rill flow-a field study. Catena Suppl. 8:35-54.

Rastogi, R., S. Shouche and J. Rajeshwar. 1998. Application of shape analysis and morphological methods. p.45-48. In: Proceedings of International Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing. An Indian Panorama (ICVGIP"89), New Delhi.

Rosenfeld, A. and C. Kak. 1976. Digital Picture Processing. San Diego, Calif., Academic Press. 457pp.

Sakai, N., S. Yonekawa, A. Matsuzaki and H. Morishima. 1996. Two dimensional image analysis of the shape of rice and its application to separating varieties. J. Food Eng. 27:397-407.

Sapirstein, H. D. 1995. Varietal identification by digital image analysis. p.91-130. In: Identification of Food-grain Varieties. (Wrigley, C. W., eds.) Am. Assoc. Cereal Chem. Inc., St. Paul, MN.

SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User's Guide. Version 8. SAS Inst. Inc., Cary, N.C., USA. 3884 pp.

Schäfer, A. and T. Teyssen. 1987. Size, shape and orientation of grains in sands and sandstones: image analysis applied to rock thin-sections. Sedimentary Geology 52:251-271.

Shouche, S. P., R. Rastogi and S. G. Bhagwat. 2001. Shape analysis of grains of Indian wheat varieties. Comput. Electron. Agric. 33:55-76.

Jandel Scientific Cor. 1995. SigmaScan & SigmaScan Pro User's Manual. Jandel Cor., San Refael, CA., USA. 456pp.

Symons, S. J. and R. G. Fulcher. 1988. Determination of wheat kernel morphological variation by digital image analysis. I. Variation in eastern Canadian milling quality wheats. J. Cereal. Sci. 8:211-218.

Travis, A. J. and S. R. Draper. 1985. A computer-based system for recognition of seed shape. Seed Sci. Technol. 13:813-820.

Yonekawa, S., N. Sakai and O. Kitani. 1996. Identification of idealized leaf types using simple dimensionless shape factors by image analysis. Trans. ASAE 39:1525-1533.

Zayas, I., F. S. Lai and Y. Pomeranz. 1986. Discrimination between wheat classes using image analysis. Cereal Chem. 63:52-56.

Zayas, I., Y. Pomeranz and F. S. Lai. 1985. Discrimination between Arthur and Arkan wheats by image analysis. Cereal Chem. 62:478-480.

Quantitative Analysis of the Shape of Rice Grain. I. Determination of Shape Parameters[1]

Hsiu-Ying Lu[2,4], Meng-Li Wei[2], Chun-Tang Lu[2] and Lit-Fu Chan[3]

Summary

Lu, H. Y., M. L. Wei., C. T. Lu and L. F. Chan. 2003. Quantitative analysis of the shape of rice grain. I. determination of Shape Parameters. J. Agric. Res. China 52:311-323.

As the rice trade increases, quickly and accurately distinguishing the shape differences among samples of rice grains is required to automatically separate grains for quality control. Thus, Image analysis systems become more important. The development of the software of these systems is based on the effective indices for quantifying the shape of grains. Rice grains had been traditionally classified into three categories (e.g. long, medium and short) by using the ratio of length to width, but it is too simple to adequately identify the shape variation of rice grains in image measuring system. There are few researches on the quantitative analysis of grain shape in rice. Therefore, in this study, 40 japonica rice varieties were used to determine the optimum indices for quantifying the shape in rice grain and brown rice. Geometric features such as length (L), width (W), depth (D), area (A) and perimeter (P) were measured. Seven shape parameters [two-dimensional (2D) or three-dimensional (3D)] (S1~S7) were defined and derived from these basic geometric features. Relationships among the geometric features and shape parameters were further examined. Rice grain and brown rice showed consistent results. If the 2D measurement is selected, the shape parameters S2 (=L/A), S5 (=4A/πLW) and S6 (=W/L) derived from the length, width and area of grains could serve as useful indices to quantify the shape of rice grain and brown rice. If the 3D measurement is considered, the shape parameter S7 (=(L+W)/2D) could be used as another shape index.

Key words : Japonica rice, Grain shape, Geometric features, Shape parameters, Image analysis system.

---

1. Contribution No.2172 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: September 29, 2003.
2. Senior Statistician, Assistant Agronomist, and Assistant Agronomist, Respectively, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Agronomist, Farm Management Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: iying@wufeng.tari.gov.tw ; Fax:(04)23302806.

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:324~333(2003)

Method Development and Application for Rapid Detection of the Anticholinergic Residues in Rice[1]

Ching-hua Kao[2, 3], Chia-lin Tzeng[2] and Edward Y. Cheng[2]

Abstract

Kao, C. H. C. L. Tzeng and Edward Y. Cheng. 2003. Method development and application for rapid detection of the anticholinergic residues in rice. J. Agric. Res. China 52:324-333.

Among several pesticides registered for the protection of rice crop in Taiwan, more than 40 organophosphorus and carbamate insecticides have caused concern due to their residues in harvested rice. Although chemical analysis of residues has been applied to rice, a rapid method to detect harmful levels of pesticide residues will be helpful before residue-contaminated rice is stored, processed or marketed. The residues most commonly detected in rice are those of anticholinergic agents such as, methamidophos, acephate, ethion, pirimiphos-methyl, carbofuran, carbaryl, methomyl, and BPMC. A rapid and highly sensitive acetylcholinesterase test, the rapid bioassay of pesticide residues (RBPR), that has currently been used to detect residues of organophosphate and carbamate insecticides in fruits and vegetables, was modified and tested on three groups of rice samples with known quantities of pesticide residues. Twenty-five samples, classified as group I, had no pesticide residues; 28 samples, classified as group II, contained organophosphorus and carbamate residues under the tolerance level; and 6 samples, classified as group III, contained residues of above-mentioned insecticides above tolerance level. All 59 samples, extracted by whole grain extraction or freshly ground powder extraction, were tested for their anticholinergic activity. The whole grain extraction showed group I samples to have average acetylcholinesterase inhibition of merely 6.7 %; group II, 27.6%; while group III, 60.2%. The 95% confidence range of the means of group I, II, and III were statistically separable and ranged from 1.8-11.6%, 20.0-35.3%, and 41.2-79.1%, respectively. The acetylcholinesterase inhibition correlated positively with the chemical analysis of organophosphorus and carbamate residues. In extraction of ground rice, two samples in group III varied considerably resulting in overlapping of 95% confidence ranges of group II and III. The study indicated that the acetylcholinesterase test is sensitive enough to detect the residues of insecticide in rice without interference of plant chemicals in rice, and it is quantitatively correlated to chemical analysis of insecticide residues. Between two extraction methods, the whole grain treatment is preferred over rice powder method. In a hypothetic analysis of 59 samples, with detection threshold set at 60%, 50%, and 40 % acetylcholinesterase

inhibition, the correct detection rate for violation were 50.0%, 66.7%, and 88.3%, respectively. The detection of false negatives, decreased to 5.5%, 3.9%, and 2.1%, while unnecessary rejection rate increased from 40%, 50%, and 58%, respectively. The acetylcholinesterase inhibition test can be used effectively in (1) verification of organic rice, (2) comparison of safety of rice from different regions, seasons and year, (3) providing indexes of total toxicity of organophosphorus and carbamate insecticide residues to fit the requirement of FQPA. The reliability, economy, time saving, and user-friendly characteristics of RBPR will facilitate screening of larger number of rice samples within a very short period for gathering basic safety information.

Key words : RBPR, Rice, Organophosphorus insecticides, Carbamate insecticides, Acetylcholinesterase.

INTRODUCTION

The anticholinergic test can be used to screen fruits and vegetables for contamination of organophosphours (OP) and carbamate (Carb) insecticide residues (Voss *et al.* 1971). Based on the inhibition of acetylcholinesterase (AChE) by these insecticides, a test utilizing highly sensitive housefly AChE has been developed for rapid screening of fruits and vegetables for pesticide residues. This residue safeguard system, named RBPR (Rapid Bioassay of Pesticide Residues), designed by Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) (Chiu *et al.* 1991) has been used at agricultural extension level throughout Taiwan. RBPR is widely accepted as the residue control measure for agricultural commodities in Taiwan. Farmers' associations, wholesale markets, and food suppliers to military and schools have established more than 120 RBPR stations to inspect fruits and vegetables for pesticide residues. Some of these stations have been operating for over 15 years and are gradually becoming integrated into the marketing infrastructure.

Although RBPR has never been applied to cereals, utilization of this method is theoretically feasible. Rice is a staple food in the Orient, including Taiwan. Currently, only chemical analysis is applied to monitor the pesticide residues in rice. Due to the fact that analysis is laborious, expensive, and time consuming, pesticide residue problems, if they exist, get reported months after harvesting, when rice had already been mixed, processed, and even marketed. Hence, a rapid residue detection system is needed to improve the residue control in rice.

More than 40 insecticides belonging to OP and Carb groups are registered on rice (TACTRI 2001). These chemicals can easily be detected by the RBPR tests. Recently, serious concern has been raised on residues of OP and Carb insecticides because of their neurotoxicity (US EPA 2000a; 2000b). United States Food Quality Protection Act (FQPA) passed in 1996 (US Congress 1996) emphasizes the need to group together residues of pesticides with common toxic mechanism for safety consideration (US EPA 2002a; 2002b). In this respect the US Environmental Protection Agency has placed the priority of OP and Carb insecticides due to their common mechanism of action on AChE (US EPA 1999). We, therefore, attempted to study whether residues of OP and Carb in rice can be detected by the anticholinergic test.

---

1. Contribution No.2173 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : October 1, 2003.
2. Entomologist, Project Assistant and Senior Entomologist, respectively, Applied Division Zoology, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Correspondence author, e-mail: chkao@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23309097.

MATERIALS AND METHODS

Sample sources

Field samples from freshly harvested rice crop from normal production system were collected. A total of 59 samples with known quantity of OP and Carb insecticide residues were used for RBPR. The detected insecticides and their current tolerance in rice are: methamidophos (0.1 ppm), acephate (0.5 ppm), ethion (0 ppm), pirimiphos-methyl (1.0 ppm), carbofuran (0.5 ppm), carbaryl (0.5ppm), methomyl (0.5 ppm), and BPMC (0.5 ppm). Based on the quantity of residue detected, these samples were grouped into three categories. Twenty-five samples were classified as group I with no detectable residues, 28 samples with residues under the tolerance limit were classified as group II, and the remaining 6 samples containing residues over tolerance limit were placed in group III.

Enzyme and other chemicals used

The AChE was purified from the head of housefly, *Musca domestica* L., reared in insecticide-free environment at TARI since 1950s. The lyophilized powder of the enzyme was stored at -20℃ (Chiu *et al.* 1991), and the specificity activity of AChE used is 1.84 μmoles ATCI/min/mg protein. The chemicals used in determination of AChE inhibition reaction, the Ellman test (Ellman *et al.* 1961)-DTNB(5, 5-dithio-bis-2-nitrobenzoic acid), Na_2HPO_4, and NaH_2PO_4 -were purchased from Merck, and ATCI (acetylthiocholine iodide) from Sigma.

Sample extraction and processing

The rice samples were extracted by two different methods. In the first, the whole rice grains were soaked in PBS buffer (pH 8.0) under ultrasonic treatment for 20 min before the AChE inhibition assay (Fig. 1). In the second, the whole rice grains were milled into fine powder and soaked in PBS buffer under ultrasonic treatment for 20 min before the assay. For each sample, 1.6-1.7 g of rice grains was used. Each assay had 4 replicates.

Instruments used

The ultrasonic treatment was performed in a Branson 8210 vessel. The color development in the assay of AChE inhibition was measured on ELISA reader (SpectraMAX 340, Molecular Devices) at the wavelength of 412 nm (Cheng *et al.* 2000).

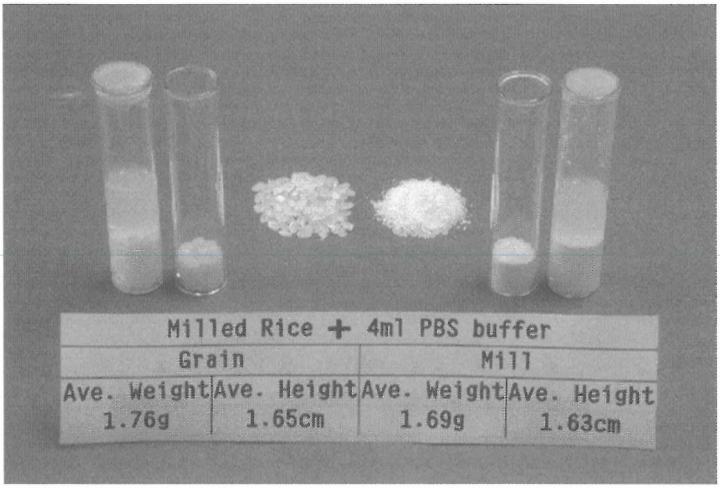

Fig. 1. Different extraction methods for determining the acetylcholinesterase inhibition.

Testing procedures

PBS buffer (0.1 M, pH 8.0), AChE solution (3 mg in 1 ml distilled water), diluted DTNB, and ATCI mixture (0.4 mg DTNB + 0.4 mg ATCI in 1 ml distilled water) were used. Four milliliters of PBS buffer, 1.7 g rice, and 40 μl AChE solution were incubated under ultrasonic treatment for 20 min. An aliquot of 100 μl of the extract was transferred into reading well of microplate and 50 μl of DTNB and ATCI mixture was added and the color developed was read on ELISA Reader (Cheng *et al.* 2000).

TLC confirmation

All rice samples with positive AChE inhibition were subjected to thin layer chromatography (TLC) separation for identification of anticholinergic source. The details of TLC procedure are described in RBPR Working Manual (Cheng *et al.* 1999). The three developing solvent systems used are: (1) 2 parts of methylene chloride + 1 part of ethyl acetate; (2) 7 parts of n-hexane + 3 parts of acetone; and (3) 4 parts of water + 25 parts of methanol + 65 parts of chloroform. The Rf values of chemicals in suspected samples were compared with the Rf values of the probable insecticides (Gänshirt 1966). Methamidophos and acephate were used as standards for comparison of Rf values.

RESULTS

The results of AChE inhibition test of 59 rice samples by two different extraction methods are summarized in Table 1. In the whole grain extraction, 8 samples of the group I showed mild enzyme inhibition, while the remaining 17 samples showed no inhibition at all. The average enzyme inhibition for the whole group, 6.72%, is considered low. Among 28 samples in group II, 25 had positive AChE inhibition, while 3 samples showed no inhibition. The average enzyme inhibition was 27.64%. The group III samples, all of which violated tolerance limit, showed strong anticholinergic activity in all of them with average enzyme inhibition of 60.17%. The 95% confidence ranges of AChE inhibition are 1.84~11.6%, 19.99~35.29%, and 41.24~79.10%, respectively, for group I, II, and III (Table 1). The statistical separation of the confidence ranges is significant without any overlapping.

In milled rice extraction, among 25 samples in group I, 13 showed no AChE inhibition, and 12 had mild inhibition. The AChE inhibition of the whole group averaged 9.28%. In group II only 2 samples out of 28 failed to show AChE inhibition. The average inhibition for the whole group was 30.07%. All 6 samples in group III showed AChE inhibition with average for the entire group being 53.0%. The enzyme inhibition in 2 samples of group III was reduced after grinding the rice grain, while in the remaining 4 samples, the enzyme inhibition was similar to whole grain. In general, grinding did not affect the enzyme inhibition, however, grinding increased variation and standard error. The confidence range of milled samples was less desirable compared to whole grain extraction, 3.13-15.43%, 22.72-37.42%, and 29.38-76.62%, respectively for group I, II, and III. The reduction in AChE inhibition in group III introduced greater experimental error resulting into overlapping of the 95% confidence range between group II and III, which made them statistically inseparable.

Comparison of sample grouping by AChE inhibition and chemical analysis tests is summarized in Table 2. AChE inhibition strongly correlated with the chemical analysis of the insecticide residue in rice samples. Most of the samples in group I had the lowest enzyme inhibition. Most of the samples in group II had medium enzyme inhibition, ranging from 30 to 60%. All 6 samples in group III had medium to high AChE inhibition.

Table 1. The toxicity testing result of whole grain vs. milled extraction of 59 rice samples in respect to their residue analysis classification

Rice sample No.	Inhibited fraction of AChE activity[z]					
	Whole grain extraction			Milled rice extraction		
	Group I	Group II	Group III	Group I	Group II	Group III
1	0.0000	0.0000	0.3500	0.0000	0.0000	0.2600
2	0.0000	0.0000	0.4700	0.0000	0.0000	0.2600
3	0.0000	0.0000	0.8400	0.0000	0.4500	0.8200
4	0.0000	0.1700	0.7100	0.0000	0.4900	0.5800
5	0.0000	0.4800	0.7000	0.0000	0.5200	0.6500
6	0.0000	0.5400	0.5400	0.0000	0.5400	0.6100
7	0.0000	0.6300		0.0000	0.5500	
8	0.0000	0.4700		0.0000	0.4400	
9	0.0000	0.1400		0.0000	0.3200	
10	0.0000	0.2000		0.0000	0.2000	
11	0.0000	0.1200		0.0000	0.4000	
12	0.0000	0.4300		0.0000	0.4800	
13	0.0000	0.3100		0.0000	0.4100	
14	0.0000	0.5200		0.3900	0.3900	
15	0.0000	0.1900		0.0200	0.2100	
16	0.0000	0.1200		0.3200	0.2600	
17	0.0000	0.2000		0.0600	0.2200	
18	0.1600	0.1600		0.1800	0.0600	
19	0.1500	0.3800		0.0900	0.2500	
20	0.3200	0.2000		0.0600	0.2400	
21	0.1400	0.2900		0.1000	0.3800	
22	0.3100	0.1800		0.0900	0.2200	
23	0.0400	0.2200		0.1000	0.0800	
24	0.1700	0.3600		0.4900	0.1200	
25	0.3900	0.0800		0.4200	0.0300	
26		0.2400			0.1600	
27		0.3100			0.2500	
28		0.8000			0.7500	
Samples (N)	25	28	6	25	28	6
Mean	0.0672	0.2764	0.6017	0.0928	0.3007	0.5300
S. E.	0.0237	0.0373	0.0736	0.0298	0.3583	0.0919
95% confidence ranges						
Lower limit	0.0184	0.1999	0.4124	0.0313	0.2272	0.2938
Upper limit	0.1160	0.3529	0.7910	0.1543	0.3742	0.7662

[z] Group I: residues are not detectable (ND); Group II: OP and Carb residues are detected but below the tolerance; Group III: OP and Carb residues are detected and violate the tolerance.

Table 2. The cross examination of 59 rice samples by the toxicity test and chemical analysis

AChE inhibiton	No. of samples[z]			Subtotal
	Group I (N=25)	Group II (N=28)	Group III (N=6)	
Whole grain extraction				
0~27.6%	22	16	-	38
27.6~60.2%	3	10	3	16
60.2% and above	-	2	3	5
Milled rice extraction				
0~30.1%	21	15	2	38
30.1~53.0%	4	10	-	14
53.0% and above	-	3	4	7

[z] Group I: residues are not detectable (ND); Group II: OP and Carb residues are detected but below the tolerance; Group III: OP and Carb residues are detected and violate the tolerance.

The results clearly indicated that OP and Carb insecticide residues in rice grain can be detected by the AChE inhibition test and the results are quantitatively similar to chemical analysis. This makes it possible to establish a rapid analysis of insecticide residue by AChE inhibition test. AChE inhibition was also specific to OP and Carb residues and not affected by the plant material. This we construe from the fact that in whole grain extraction test, 20 samples out of 59 showed no AChE inhibition. Seventeen of these samples belonged to group I by chemical analysis, and only 3, or barely 11%, to group II, and none to group III. This implies that the AChE inhibition comes from OP and Carb residues only and not from the plant material in rice grain. Besides the lower limit of AChE inhibition of group I samples was set very low, 1.8%, or close to zero, even then no interference from plant material was detected. Furthermore, the AChE inhibition positive samples were subjected to confirmation by TLC, which further ruled out the possibility of false positive (Fig. 2).

Inevitably, a discriminating level of AChE inhibition has to be established when one screens large number of rice samples for residues of OP and Carb insecticides. The advantages and disadvantages of setting discriminating levels of toxicity should be evaluated to arrive at optimal decision. The 95% confidence range of group III samples by whole grain extraction procedure ranged from 41 to 79 % AChE inhibition. The outcome of stepwise 10% increment in AChE inhibition on various rejection thresholds for 59 samples is presented in Table 3. The major concern is the detection rate of group III samples. By establishing the discriminating level at 60% AChE inhibition, the detection rate is 50%. While gradually lowering the discriminating level by 10 % interval, the detection rate will increase to 66.7% and finally 83.3% at 50% and 40% AChE inhibition, respectively. At these levels, the false negative rate drops from 5.5% to 3.9% to 2.1%, respectively. However, possible unnecessary rejection rate increases from 40% to 50% to 58%, respectively.

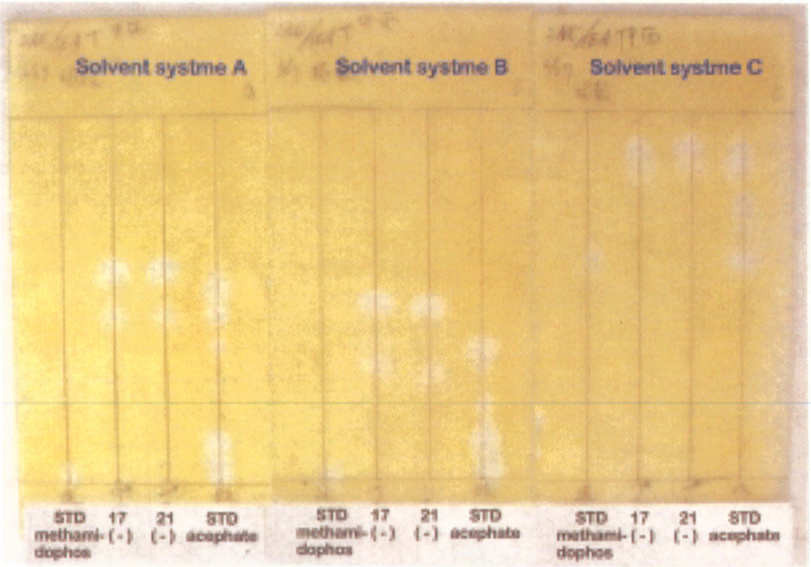

Fig. 2. Thin layer chromatography analysis of rice sample with positive acetylcholinesterase inhibition by three solvent developing systems.

DISCUSSION

The certification of safety inspection for food commodities is a very common matter in now-a-days. In rice production, two large groups of neurotoxic insecticides groups, OP and Carb, which are used widely, are cause of concern over their safety. Before these insecticides have been removed from agricultural usage, inspection of their residues or neurotoxicities is needed. Implementation of RBPR by TARI in 1985 and the favorable response it received from the consumers have resulted in establishment of more than 120 RBPR stations to inspect safety of fruits and vegetables on this island. The TARI RBPR has impacted even internationally in countries like Korea, Vietnam, Thailand, and Mainland China, where similar fruits and vegetable safety inspection have been adopted. Although fruits and vegetables in general receive more frequent applications of pesticides than cereals, considering larger quantities of their production and consumption, food safety inspection of these staple food commodities is also needed. Since chemical analysis of residues can offer information well after harvesting and in some case even marketing, a simpler, quicker and accurate toxicity test can fill the gap between harvest and the information from chemical analysis.

To expand RBPR for detection of hazardous pesticide residues in cereals is a new challenge. Utilizing the rice samples with known residue status, we have detected residues of OP and Carb insecticides by AChE inhibition test that matches fairly with the results obtained by chemical analysis. This will make it possible to establish rapid residue screening method for rice and other cereals. The naturally occurring chemicals in rice grain do not cause any interference in AChE inhibition, as evidenced by the absence of false positive in the test. The AChE inhibition observed in rice sample was thus exclusively due to the presence of pesticide residues in rice grains.

Statistical analysis demonstrated that AChE test is useful in classifying rice samples into low, medium, and high risk categories and it conformed with the results of chemical analysis. Hence the idea of implementing RBPR for rice safety inspection should receive consideration. However, the key criterion is how to set the toxicity discriminating level for screening large number of samples. If the set level is 60%, samples with high residue contents that might violate tolerance will pass the test without being detected,

Table 3. Different toxicity discriminating levels and risk assessment for 59 rice samples in respect to their residue analysis results

AChE inhibition range (%)	No. of samples [z]			Subtotal	Risk assessment		
	Group I	Group II	Group III		Detection rate (%)[y]	Unnecessay rejection (%)[x]	False negative (%)[w]
0-60	25	26	3	54			
>60	0	2	3	5	3/6 (50.0)	2/5 (40.0)	3/54 (5.5)
0-50	25	24	2	51			
>50	0	4	4	8	4/6 (66.7)	4/8 (50.0)	2/51 (3.9)
0-40	25	21	1	47			
>40	0	7	5	12	5/6 (83.3)	7/12 (58.0)	1/47 (2.1)

[z] Group I: residues are not detectable (ND);Group II: OP and Carb residues are detected but below the tolerance; Group III: OP and Carb residues are detected and violate the tolerance.

[y] No. of samples with toxicity over the discriminating level / No. of group III samples.

[x] No. of samples contained residues below the tolerance /No. of samples with toxicity over the discriminating level.

[w] No. of samples contained residues over the tolerance /No. of samples with toxicity lower the discriminating level.

which is harmful to consumers. However, if the level is set lower to 40%, many samples with tolerable level of residues will be rejected, which is unfair to the producers.

We have listed advantages and disadvantages of setting different discriminating toxicity levels and the risk assessment parameters in Table 3. These parameters, especially the detection rate for violations, the unnecessary rejection rate, and the false negative rate should be useful in making decision in setting optimum discriminating level. Based on the information generated by us, whether RBPR can be used in rice and setting up of discriminating level that is acceptable by both consumer and producer, need to be opened for public discussion and decision.

The results of this study have confirmed three important points. First, the residues of OP and Carb in rice can be detected by the AChE inhibition test without the interference of plant material. Second, the RBPR is sensitive enough to detect the anticholinergic residues to a level corresponding to the national tolerance stand for the two groups of chemicals. This should make it possible to use RBPR to categorize the grain samples into low, medium, and high risk groups for the presence of neurotoxic residues. Third, the AChE is subjected to inhibition by OP and Carb residues only, which results in the measurement of sum of all anticholinergic pesticide residues present in a particular sample. The total toxicity thus measured conforms with recent updated tolerance regulation of FQPA law of the United States.

It must be emphasized that RBPR still is a measurement of toxicity, which may not be able to replace the chemical analysis of insecticide residues, particularly when there is need to trace the insecticide quantitatively and qualitatively. Nevertheless, use of RBPR to evaluate the safety of rice is definitely feasible in many ways. For examples, the test can be used to screen the organic rice because no pesticide is supposed to be found in those products. Secondly, the test is convenient for evaluating safety of rice produced in different areas, different seasons, and different years. Finally, RBPR can be used in indexing the safety of rice for the improvement of insecticide usage. Because RBPR is a reliable, economical, and easy to use, it is convenient and useful tool to improve the safety of rice production for better consumer protection.

LITERATURE CITED

Cheng, E. Y., C. H. Kao, C. S. Chiu, Y. C. Lee and C. L. Tzeng. 1999. Working Manual of Rapid Assay Technique for Pesticides. Taiwan Agricultural Research Institute, Press Wufeng, Taichung, Taiwan (in Chinese). 40 pp.

Cheng, E. Y., C. H. Kao, Y. B. Hwang and C. L. Tzeng. 2000. Inhibitory characteristics of methamidophos on house fly head acetylcholinesterase. J. Agric. Res. China 49: 89-98.

Chiu, C. S., C. H. Kao and E. Y. Cheng. 1991. Rapid bioassay of pesticide residues (RBPR) on fruits and vegetables. J. Agric. Res. China 40: 188-203.

Ellman, G. L., K. D. Courtney, V. Andres Jr. and R. M. Featherstone. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7: 88-95.

Gänshirt, H. 1966. Documentation of thin-layer chroma tograms. p.125-133. in: Thin-Layer Chroma tography – A Laboratory Handbook (E. Stahl, ed.). Springer-Verlag. New York.

TACTRI. 2001. Plant Protection Manual. Taiwan Agricultural Chemical and Toxic Substances Research Institute Press, Taichung, Taiwan. 791 pp.

US Congress. 1996. Public Law 104-170 - Food Quality Protection Act of 1996. Congressional Record Vol. 142. Washington DC, USA.

US EPA. 1999. Progress Report - Implementing the Food Quality Protection Act. EPA, Washington DC, USA. 51 pp.

US EPA. 2000a. Office of Pesticide Programs Science Policy in "The Use of Data on Cholinesterase Inhibition for Risk Assessments of Organophosphorus and Carbamate Pesticides". Office of Pesticide Programs, EPA, Washington DC, USA. 51 pp.

US EPA. 2000b. Responses to Public Comments on the Office of Pesticide Program's Science Policy in "The Use of Data on Cholinesterase Inhibition for Risk Assessments of Organophosphorus and Carbamate Pesticides". Office of Pesticide Programs, EPA, Washington DC, USA. 53 pp.

US EPA. 2002a. Guidance on Cumulative Risk Assessment of Pesticide Chemicals that Have a Common Mechanism of Toxicity. Office of Pesticide Programs, EPA, Washington DC, USA. 81 pp.

US EPA. 2002b. Response to Public Comments on the Office of Pesticide Programs in "Guidance on Cumulative Risk Assessment of Pesticide Chemicals that Have a Common Mechanism of Toxicity". Office of Pesticide Programs, EPA, Washington DC, USA. 113 pp.

Voss, G., I. Baunok, and H. Geissbuhler. 1971. Phosphamidon residue methods. Residue Rev. 37: 101-132.

稻米含抗膽鹼激性物質之快速檢定研究與應用

高靜華、曾佳琳、鄭允

摘 要

高靜華、曾佳琳、鄭允。2003。稻米含抗膽鹼激性物質之快速檢定研究與應用。中華農業研究 52:324-333。

稻米爲東方人的主食，栽培時常需使用農藥以減少病蟲害，其中以在稻米上登記逾 40 種之氨基甲酸鹽及有機磷劑的殘毒最值得重視。此兩類殺蟲劑的毒理機制相同，均作用於動物神經系統中負責傳導的乙醯膽鹼酯酶(AChE)，其致毒性有累加作用。本研究係嘗試以檢驗蔬果農藥殘毒之生化技術，發展稻米的殘毒快速檢測法，試驗材料爲 59 件已具農藥殘留化學分析資料之稻米樣本，依無檢出、檢出未超量及超量違規三類分析結果，樣品各有 25、28 及 6 件。所有樣品均進行全粒及打碎兩種萃取處理，再個別以生化法檢驗之。三類樣品之全粒萃取檢驗結果顯示，乙醯膽鹼酯酶抑制值不僅與化學分析結果成正相關，且不同類別之統計差異極顯著。打碎處理的結果大致與全粒者相同，惟第三類樣品中有 2 件之抗乙醯膽鹼酯酶反應值下降，造成第三類與第二類樣品間的 95%可信度範圍發生重疊，而差異不顯著。初步結果顯示，以高感度的乙醯膽鹼酯酶快速檢測稻米中所含抗膽鹼物質(即氨基甲酸鹽及有機磷劑之殘毒)時，全粒萃取的檢驗可信度甚高，測試中也確認稻穀不含干擾生化檢驗成分。快速檢驗採用不同檢出標準之風險評估顯示，檢出標準由 60%抑制率調降爲 50%及 40%時，違規樣品的檢出率由 50%上升至 66.7%及 88.3%，合格樣品之僞陰性由 5.5%下降至 3.9%及 2.1%，檢出樣品中仍低於容許量者則由 40%上升至 50%及 58%。稻米殘毒的快速檢驗並非用以取代現行之檢驗法，但對於提昇稻米品質安全有諸多用途，如：(1)用於辨別有機米之眞僞；(2)評估不同地區、不同期作或不同年度稻米之相對安全性；(3)可提供多種農藥殘留時之總毒性數據，符合美國最新 FQPA 法案之要求；(4)能在有限經費下迅速檢驗成百上千件樣品。利用以上優點可全面評鑑全國水稻之安全品質，透視並改進水稻用藥問題。

關鍵詞：農藥殘毒快速檢驗、稻米、有機磷劑、氨基甲酸鹽劑、乙醯膽鹼酯酶。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2173 號。接受日期:92 年 10 月 1 日。
2. 本所應用動物組副研究員、計畫助理及研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 通訊作者，電子郵件: chkao@wufeng.tari.gov.tw；傳眞機: (04)23309097。

中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:334~340(2003)

施用雞糞堆肥配合化學肥料對薑黃產量及品質之影響[1]

胡敏夫[2,4] 蔡淑珍[3] 張愛華[3] 劉新裕[2]

摘 要

胡敏夫、蔡淑珍、張愛華、劉新裕。2003。施用雞糞堆肥配合化學肥料對薑黃產量及品質之影響。中華農業研究 52:334-340。

連續兩年進行探討施用雞糞堆肥配合化學肥料對薑黃產量及品質之影響，試驗之肥料處理分(A)施用全量雞糞堆肥 9,000 kg ha^{-1}，(B) 施用 2/3 量雞糞堆肥(6,000 kg ha^{-1})和 1/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 187.5 kg ha^{-1}，(C) 施用 1/3 量雞糞堆肥(3,000 kg ha^{-1})和 2/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 245 kg、氯化鉀 52 kg ha^{-1}，及施用全量化學肥料(N:P:K=90:40:100 kg ha^{-1})作爲對照(CK)，試驗採逢機完全區集設計，4 重複。第一年試驗結果顯示，每公頃根莖鮮重及乾重，處理間均未呈顯著性差異，其詳細數據 A 處理爲 21.3 t 及 6,056 kg；B 處理爲 21.7 t 及 6,389 kg；C 處理爲 19.4 t 及 5,416 kg；CK 處理爲 19.3 t 及 5,500 kg。薑黃素含量分析，C 處理爲 0.48 %， A 處理爲 0.46 %，分別對 C(0.37 %)及 B(0.39 %)處理呈 5 %顯著性差異。第二年試驗結果發現，處理間之每公頃根莖平均乾重亦無顯著差異，而薑黃素含量則發現 B 及 C 處理分別爲 0.70 %，CK 處理 0.62 %，而 A 處理爲 0.59 %，但處理間經分析亦未達 5 %顯著性差異，因此，於台灣栽培薑黃施用雞糞堆肥並配合適量化學肥料提高薑黃產量與施用全量化學肥料之效果近似，且薑黃素含量之提高效果亦不明顯。縱然如此，施用適量雞糞堆肥加以配合，再佐以良好的耕作法，仍有助益薑黃生長及薑黃素含量的提高。

關鍵詞：薑黃、雞糞堆肥、薑黃素。

前 言

薑黃(*Curcuma longa* L.)爲秋鬱金之俗名，有別於春鬱金俗名姜黃(三澤穰 1989)，在食品及飲料加工業已被廣泛的使用(陳&蔡 1975，蔡&陳 1975)，尤其薑黃素(curcumin)含抗氧化性物質，美國 National Cancer Institute (NCI)公布列爲第三代化學癌預防劑，並在多所醫療中心進行臨床實驗証明，具有抗炎

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2174 號。接受日期:92 年 10 月 6 日。
2. 本所農藝組副研究員、研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 本所農化組助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
4. 通訊作者，電子郵件: minfu@Wufeng.tari.gov.tw; 傳眞機: (04)23302806。

作用及可抑制產生各種活性氧之酵素如 lipoxygenase/cyclooxygenase、xanthine dehydrogenase/oxidase、inducible nitric oxide synthase (iNOS)、protein kinase C (PKC)及 EGF-receptor 之 tyrosine kinase (RTK)等活性(Lin & Lin-Shiau 2001)；與抑制 12-0-teradecanoyl phorbol-13-acetate (TPA)引起 DNA 加成物之致癌作用能力普受重視(黃 1991)。國內中藥界學者那氏(1976)與賴氏(1976)亦提出報告，數世紀以來人類就知道利用薑黃之根莖作爲消炎劑、促進血液循環、消瘀、治胃潰瘍、止心絞痛及著色防腐劑。餐宴上之咖哩雞中之黃色調味料即爲薑黃根莖粉。1995 年印度栽培面積就達 77,400 公頃(Singh & Randhawa 1985)。本所先前曾就薑黃之大黃種根莖形成及各位次分生子莖之成分進行分析瞭解，每株平均分生子莖數爲 114.7 個，其中第一位次分生子莖爲 7.8 個，第二位次分生子莖爲 35.6 個，第三位次分生子莖爲 51.7 個，第四位次分生子莖爲 19.6 個；薑黃素含量母莖爲 0.55 %，第一位次分生子莖爲 0.49 %，第二位次分生子莖爲 0.43 %，第三位次分生子莖爲 0.31 %(邱等 1993a)。化學肥料適用量試驗結果，以 N 90: P_2O_5 40: K_2O 100 kg ha^{-1} 組合之根莖產量最高(邱等 1993b)。植期及種植密度探討顯示，每年於四月中旬採 60 x 40 cm 行株距之根莖產量最高，而薑黃素含量可提高 0.72%(胡等 1996)，而有關如何提高國產薑黃之薑黃素含量，尚未進行研究，以致島產之產品其薑黃素含量遠低於泊來品，其因是否長期使用化學肥料改變土壤性質，或氮肥效應僅反應於產量上，而無助益於薑黃素含量等，實應進一步研究，因此，乃研擬施用雞糞堆肥以取代化學肥料，改進其栽培技術提高國產薑黃之薑黃素含量，以便我國加入 WTO 後與進口貨有所區隔，進而建立傳統性特用作物產業，增加農民收益。

材料與方法

本試驗於 2001-2002 年連續二年在本所農場同一塊田劃二區進行(另一區預留)，兩年均於 4 月 11 日種植，第一年收穫期爲 12 月 17 日，第二年收穫期爲 12 月 9 日。雞糞堆肥三要素含量爲 1.62: 5.69: 2.71%，有機質含量爲 27.5%，水分含量爲 29.45%。種植薑黃品種爲爲大黃種(*Curcuma longa* L.)。試驗方法：肥料處理經換算後各爲(A)施用全量雞糞堆肥，乾重 9,000 kg ha^{-1} (預測礦化率僅爲 50%)，濕重爲 13,860 kg ha^{-1}，(B)施用 2/3 量雞糞堆肥和 1/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 187.5 kg ha^{-1}(C)1/3 量施用雞糞堆肥和 2/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 245 kg ha^{-1}，氯化鉀 52 kg ha^{-1}，(CK)施用全量化學肥料($N:P_2O_5:K_2O$ =90:40:100 kg ha^{-1})作爲對照，即每公頃施用硫酸銨 470 kg、過磷酸鈣 260 kg 及氯化鉀 174 kg^{-1}。試驗採 RCBD 設計，4 重複，每區種 4 行，每行種 10 株，收穫時取中間行 20 株爲樣本。行株距爲 60 x 40 cm，植後第一葉鞘出土 20 及 60 天施用追肥，施肥方法爲雞糞堆肥與化學肥料中磷全量，氮及鉀 1/3 量作基肥施用，餘 2/3 量化學肥料作追肥施用。生育調查於植後 120 及 180 天進行。調查項目爲株高、葉數、葉長、葉寬、分蘗數及根莖產量(鮮、乾重)、薑黃素與土壤理化性質等。

薑黃素含量分析：將樣品以 95%乙醇萃取至抽出液不再呈黃色後，於此抽出液在 430 nm 波長之吸光度測定(蔡等 1975)。然後將所得數據以 Sigma 公司 C-1386 薑黃素爲標準換算之。上述所得主要農藝特性、產量及薑黃素含量之數據，採用綜合變方分析及最低差異顯著標準值(P<5 %, LSD)分析其差異性。

結　　果

試地之理化性質

試地之理化性質分析結果，質地爲壤土，pH 值平均爲 6.3，有機質平均含量爲 1.21%，有效性磷平均含量爲 4.57 mg kg^{-1}、有效性鉀平均含量爲 56 mg kg^{-1}、有效性鈣平均含量爲 1047.5 mg kg^{-1}、有效性鎂平均含量爲 177.3 mg kg^{-1} 及電導度平均 0.11 dSm^{-1} (表 1)。

不同生育期之生長情形調查

第一年試驗，薑黃 120 天之生長情形調查，就各性狀分析，平均株高 B 處理 46 cm，A 處理 41.5 cm，CK 處理 40.6 cm，三者無顯著差異，但均高於 C 處理 37.2 cm；於 180 天生長期的表現，各處理均快速生長，平均株高差異僅 3.8 至 6.6 cm 間，A 處理 64.7 cm，B 處理 60.9 cm，C 處理 58.2 cm，CK 處理 58.1 cm(表 2)。調查平均葉數，120 天生育期各處理分佈爲 6.3 至 6.6 葉間，差異甚微；至 180 天生育期各處理平均亦僅增生 1 至 2 葉，似乎經 60 天生育日數之生長效應，僅反應在葉長及葉寬的增生。至於分枝數表現，A 處理從初期平均 2.3 株到後期 4 株均比其他處理稍多 (表 2)。

第二年薑黃 120 天生育期之生長情形調查發現，平均株高 A 處理 80.3 cm， CK 處理 77.9 cm，C 處理 77.4 cm，B 處理 76.9 cm，差異不顯著；於 180 天生育期，則以 CK 處理表現較高達 98.3 cm，A 處理 94.3 cm，B 及 C 處理相近，分別爲 90.0cm 及 90.3 cm，差異達 5%顯著水準。調查平均葉數，120 天生育期各處理分佈爲 5.4 至 5.7 葉間，差異亦甚微；至 180 天生育期各處理平均分佈 5.8 至 6.8 葉間。葉長及葉寬表現，於 120 天生育期各處理無顯著差異性存在，180 天生育期則發現 A 及 CK 處理生育較佳，而分蘗數各處理於兩生育期均相近(表 2)。

不同位次分生子莖之單株平均重量及百分率調查

第一年之各處理間薑黃之不同位次分生子莖，單株平均重量及百分率比較發現(表 3)，第一次位分生子莖平均重量及百分率分別爲 A 處理 69.8g 及 9.9%，B 處理爲 66.3g 及 10.8%，C 處理爲 60.3g 及 9.6%，CK 處理爲 62.3g 及 10.2%；第二位次分生子莖與第三位次分生子莖，其平均重量及百分率爲 A 處理 278.5g 及 267.3g，各佔全分生子莖量之 38.2%及 37.6%，B 處理 214.5g 及 252.5g，各佔全分生子莖量 34.6%及 41.1%，C 處理 248.3g 及 233.3g，各佔全分生子莖量 39.3%及 37.2%，CK 處理 233.3g 及 220.0g，各佔全分生子莖量 39.3%及 34.6%；第四位次分生子莖之平均重量及百分率，各處理數據分佈從 81.0g 至 105.5g 及 13.5%至 15.9%間，但各處理間均無顯著差異。

表 1. 試地之土壤理化性質分析

Table 1. Soil properties of the experimental field before planting turmeric (*Curcuma longa* L.) plants

Depth (cm)	pH	O.M. (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Ca (mg kg^{-1})	Mg (mg kg^{-1})	EC dSm^{-1}	Texture
0-15	6.0	1.48	6.04	75.6	1001.2	172.8	0.09	Loam
15-30	6.6	0.94	2.74	36.4	1093.8	181.8	0.126	

表 2. 各處理間薑黃於不同生育期之生長情形比較

Table 2. Comparison of the growth of turmeric plants after the application of chicken compost in 2001 and 2002

Treatment[z]	Plant height (cm)		Leaf number (no.)		Leaf width (cm)		Leaf length (cm)		Branch (no.)	
	120d[y]	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d	120d	180d
2001										
A	41.5 ab	64.7 a	6.3 a[x]	7.8 a	16.3 a	18.4 a	46.0 a	67.3 a	2.3 a	4.0 a
B	46.0 a	60.9 a	6.6 a	7.8 a	16.7 a	18.5 a	47.9 a	66.6 a	1.1 a	3.8 a
C	37.2 b	58.2 a	6.4 a	8.0 a	15.5 a	18.1 a	43.0 a	64.7 a	1.3 a	3.3 a
CK	40.6 ab	58.1 a	6.6 a	8.1 a	15.8 a	17.8 a	45.6 a	63.1 a	1.1 a	3.5 a
2002										
A	80.3 a	94.3 ab	5.4 a	6.2 ab	16.5 a	17.5 ab	46.4 a	50.2ab	1.8 a	2.8 a
B	76.9 a	90.0 b	5.7 a	5.8 b	16.3 a	17.3 ab	44.7 a	47.4 b	1.9 a	2.2 a
C	77.4 a	90.3 b	5.6 a	6.0 ab	16.2 a	16.8 b	44.0 a	47.9 b	1.5 a	2.2 a
CK	77.9 a	98.3 a	5.7 a	6.8 a	16.4 a	18.0 a	44.6 a	51.8 a	1.7 a	2.1 a

[z] A: 9,000 kg ha^{-1} of chicken compost；B: 6,000 kg ha^{-1} of chicken compost and 1/3 chemical N；C: 3,000 kg ha^{-1} of chicken compost and 2/3 chemical N；CK: Chemical fertilizer of 90:40:100 kg ha^{-1} by $N:P_2O_5:K_2O$.

[y] Growing days after planting.

[x] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

第二年之各處理間薑黃之不同位次分生子莖比較，第一位次分生子莖平均重量及百分率分別爲 A 處理 89.0g 及 22.1%，B 處理爲 50.0g 及 17%，C 處理爲 63.1g 及 19.7%，CK 處理爲 87.2g 及 19.2%；第二位次分生子莖與第三位次分生子莖平均重量及百分率，A 處理 174.7g 及 111.0g，各佔全分生子莖量 43.4%及 27.5%，B 處理 114.0g 及 94.0g，各佔全分生子莖量 38.8%及 32%，C 處理 127.2g 及 89.4g，各佔全分生子莖量 39.7%及 27.9%，CK 處理 169.1g 及 135.5g，各佔全分生子莖量 37.2%及 29.8%；而第四位次分子莖鮮重及百分率比第一年稍降低，各處理數據其分佈從 28.0g 至 62.7g 及 7%至 13.8%間，但均未達顯著差異。

根莖產量調查

第一年之處理間薑黃每公頃根莖鮮重及乾重調查，B 處理施用 2/3 量雞糞堆肥和 1/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 187.5 kg 達 21.7 t 及 6,389 kg，A 處理施用全量雞糞堆肥達 21.3 t 及 6,056 kg，施用 1/3 量雞糞堆肥和 2/3 量化學肥料，並補施硫酸銨 245 kg ha^{-1}，氯化鉀 52 kg ha^{-1} 之 C 處理與全量施用化學肥料之 CK 處理根莖產量相近，各爲 19.4 t 及 5,416 kg 與 19.3 t 及 5,500 kg，乾物率均分佈在 28-29%間，經變方分析均未達 5%差異水準。第二年各處理表現，平均公頃鮮重及乾重以 CK 處理最高達 18.2t 及 5,083 kg，次爲 A 處理 16.4 t 及 4,417 kg (表 4)。

表 3. 各處理間之薑黃單株不同位次分生子莖平均重量

Table 3. Weights and percentages (in parenthesis) of different orders of finger set of turmeric rhizomes after the application of chicken compost in 2001 and 2002

Year Treatment[z]	Primary finger Set (g/plant)	Secondary finger Set (g/plant)	Tertiary finger Set (g /plant)	Quaternary finger Set (g/plant)
2001				
A	69.8 a[y] (9.9 a)[x]	278.5 a (38.2 a)	267.3 a (37.6 a)	105.5 a (14.3 a)
B	66.3 a (10.8 a)	214.5 a (34.6 a)	252.5 a (41.1 a)	81.0 a (13.5 a)
C	60.3 a (9.6 a)	248.3 a (39.3 a)	233.3 a (37.2 a)	89.5 a (14.0 a)
CK	62.3 a (10.2 a)	233.3 a (39.3 a)	220.0 a (34.6 a)	102.0 a (15.9 a)
2002				
A	89.0 a (22.1 a)[x]	174.7 a (43.4 a)	174.7 a (43.4 a)	28.0 a (7.0 a)
B	50.0 a (17.0 a)	114.0 a (38.8 a)	114.0 a (38.8 a)	35.8 a (12.2 a)
C	63.1 a (19.7 a)	127.2 a (39.7 a)	127.2 a (39.7 a)	41.0 a (12.7 a)
CK	87.2 a (19.2 a)	169.1 a (37.2 a)	169.1 a (37.2 a)	62.7 a (13.8 a)

[z] The description same as Table 2.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

[x] Data in parenthesis are percentages.

表 4. 各處理間之薑黃根莖產量比較

Table 4. Comparison of fresh and dry weight on the rhizome yield of turmeric plant in different treatments (2001 and 2002).

Treatment[z]	Rhizome yield					
	Fresh weight (t ha^{-1})			Dry weight (kg ha^{-1})		
	2001	2002	Average	2001	2002	Average
A	21.3 a[y]	16.4 ab	18.85[x]	6,056 a	4,417 a	5,236.5
B	21.7 a	11.8 b	16.75	6,389 a	3,303 a	4,846.0
C	19.4 a	13.2 b	16.30	5,416 a	3,750 a	4,583.0
CK	19.3 a	18.2 a	18.75	5,500 a	5,080 a	5,290.0

[z] The description same as Table 2.

[y] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

[x] Data in parenthesis are averages of two years.

薑黃素含量分析

第一年試驗分析結果，A 處理爲 0.46 %，B 處理爲 0.39 %，C 處理爲 0.48 %，CK 處理爲 0.37 %，即以 C 處理最高，次爲 A 及 B 處理，而 CK 處理最低 (表 5)。第二年試驗之各處理間薑黃素含量，A 處理爲 0.59 %，B 處理爲 0.70%，C 處理爲 0.70 %，CK 處理爲 0.62 %，各處理之薑黃素含量均高於第一年之結果，僅 A 處理之含量反而未明顯提高，似乎有違常理，不過，就兩年薑黃素平均含量而言，則 C 處理爲 0.59%，B 處理爲 0.54%，A 處理爲 0.52%，三處理區均超過 0.5%以上，惟 CK 處理 0.49%較低。

討 論

二年試驗均選本所同一田區進行，試驗前經取樣分析其土壤理化性質發現，試地 pH 值平均爲 6.3，屬中性土壤，適合進行作物肥料試驗，但有機質平均含量僅 1.21%，應屬非肥沃土壤類型(表 1)。

薑黃第一年的平均株高、葉數、葉長、葉寬及分枝數等五個性狀，以施用全量或適量雞糞堆肥區，薑黃植株之各期生育表現並不比施用全量化肥區差 (表 2)。第二年薑黃 120 天生育期之生長情形調查發現，施用全量雞糞堆肥區，其株高平均值就達 80 公分比第一年高一倍，其他處理亦有相同表現，即第二年各處理之薑黃初期生長比第一年好，尤其施用全量雞糞堆肥 A 區表現更佳；在 180 天生育期的表現，則出現各處理之葉寬、葉長及分櫱數等性狀表現不如前一年佳，但株高均達 90 公分以上，此現象是可能因第一年種植時，連續雨季種植較淺，且培土較低，導致薑黃分櫱較多。

薑黃之不同位次分生子莖調查，第一年之各處理單株平均重量及百分率均以第二位次分生子莖與第三位次分生子莖較高(表 3)，此兩位次分生子莖之數量爲決定薑黃產量因子，但處理間差異經變方分析結果均未達 5%顯著差異水準；第二年薑黃大黃種之不同位次分生子莖，單株平均重量及百分率比較亦發現，各處理均以第二位次分生子莖與第三位次分生子莖較高，且第一位次分生子莖之鮮重及百分率比前一年增加，而第四位次分子莖鮮重及百分率稍降係因第三與第四位次分子莖數增加，換言之，CK 處理之生育可能因氮肥效應後期猶在增生分子莖，而 A 處理則無，其第一、第二及第三分子莖之分配比率較均勻，此現象可能因施用雞糞堆肥爲採用基肥方式，肥分爲持續性小量釋放有關。

根莖產量調查(表 4)，第一年各處理鮮重達 19 t 至 21 t 間，乾重爲 5,416 kg 至 6,389 kg 間，即各處理間無顯著差異；第二年薑黃根莖產量雖比第一年低，但 A 處理與 CK 處理的產量近似，此顯示施用雞糞堆肥並無明顯的減產現象。至於年度間比較發現有懸殊差異，此係第二年如前述原因，種植較深又高畦抑制無效分櫱有關。

表 5. 各處理間之薑黃素含量比較

Table 5. Comparison of the contents of curcumin in turmeric tubers of different treatments in 2001 and 2002

Treatment[z]	Curcumin content (%)[y]		
	2001	2002	Average
A	0.46 ab[x]	0.59 a[x]	0.52[w]
B	0.39 ab	0.70 a	0.54
C	0.48 a	0.70 a	0.59
CK	0.37 b	0.61 a	0.49

[z] The description same as Table 2.

[y] Dry bassis.

[x] Means followed by the same letter within the same column are not significantly different at 5 % level by the Least Significant Difference Test.

[w] Data in parenthesis are averages of two years.

薑黃素含量分析，第一年薑黃之薑黃素含量以 C 處理高於對照區， A 及 B 處理則與 CK 處理相近(表 5)。第二年試驗之各處理間薑黃素，發現所有處理之薑黃素含量均較第一年提高，其幅度高於第一年 0.13-0.31%，其中，B 與 C 處理薑黃素含量均維持於 0.7%，但與 A 處理與施用全量化肥之 CK 處理均無顯著差異。此似顯示施用有機肥有利提高薑黃素含量之假設而未顯著呈現，其因有待進一步探究。

結　論

總之，經二年試驗結果可確定，於台灣栽培薑黃施用雞糞堆肥並配合適量化學肥料薑黃之產量與全量施用化學肥料效果近似，至於提高其薑黃素含量之效果亦甚微，雖然如此，施用適量雞糞堆肥加以配合，再佐以適度深植與高度培土作畦等耕作法，似仍有助益薑黃生長進而提高薑黃素含量之趨勢。

引用文獻

三澤穰。1989。琉球王朝傳承至今的秘藥-鬱金。青春出版社。台北。135 pp.

那 琦。1976。本草學。太一彩色印刷有限公司。台北市。410 pp.

邱善美、劉慧瑛、朱戩良。1993。薑黃之生長與發育 I 根莖之形成及各次分生子莖之成分分析。中華農業研究 42(2):153-160。

邱善美、呂秀英、劉慧瑛。1993。薑黃之生長與發育 II 氮鉀肥用量對生育、產量及品質之影響。中華農業研究 42(4):370-379。

陳雪娥、蔡平里。1975。園藝作物天然色素之研究 III 鬱金色素之性質及其利用。中國園藝 22:242-248。

胡敏夫、邱善美、劉慧瑛、賴明信、劉新裕。1996。植期與密度對薑黃產量及薑黃素含量之影響。中華農業研究 45(2):164-173。

黃智興。1991。薑黃素抑制 c-jun 與 c-fos 原致癌基因表現之探討。國立台灣大學醫學院生化學研究所博士論文。台北市。120 pp.

賴榮祥。1976。原色生物藥學。p.173-174。創譯出版社。台中市。

蔡平里、陳雪娥。1975。園藝作物天然色素之研究 II 鬱金色素之抽取和品種間含量之分析。中國園藝 21:79-82。

Lin, J. K. and S.Y. Lin-Shiau. 2001. Mechanisms of cancer chemo-prevention by curcumin. Proc. Natl. Sci. Counc.(B)25(2):59- 66.

Singh, S. and G. S. Randhawa. 1985. Effect of intercropping and mulch on yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.). p.183-185. in Proc. 5th ISHS Symposium Medicinal and Aromatic Spice Plants. Darjeeling, India.

Effects of Combined Chicken Compost and Chemical Fertilizer Application on the Yield and Quality of Turmeric (*Curcuma Longa* L.)[1]

Min-Fu Hu[2.4], Shwu-Jene Tsai[3], Ia-Fa Chang[3] and Sin-Yie Liu[2]

Summary

Hu, M. F., S. J. Tsai, I. F. Chang, and S. Y. Liu. 2003. Effects of combined chicken compost and chemical fertilizer application on the yield and quality of turmeric (*Curcuma Longa* L.). J. Agric. Res. China 52:334-340.

Effects of combined chicken compost and chemical fertilizer on the yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) plants were investigated during two consecutive years in 2001 and 2002. The treatments used were: (A) Full dose applied as chicken compost at 9,000 kg ha^{-1}；(B) Two-third dose applied as chicken compost at 6,000 kg ha^{-1} and amending N applied as chemical for；(C) One-third dose applied as chicken compost at 3,000 kg ha^{-1} and the rest of N added as chemical fertilizer；(CK) Chemical fertilizer at 90 : 40 : 100 kg ha^{-1} (N - P_2O_5 - K_2O) as a control. A randomized complete block design (RCBD) with four replicates was used. First year results showed no significant difference in yield among treatments, the yield of fresh and dry rhizome was 21.3 t and 6,056 kg in treatment A and 19.3 t and 6,389 kg in treatment B and 19.4 t and 5,416 kg in treatment C and 19.3 t and 5,500 kg in treatment CK, respectively. The curcumin content of rhizome in treatments C and A was 0.48% and 0.46%, respectively, and showed significantly higher than other treatments. In the second year, no significant difference in dry yield among treatments was found. The curcumin contents of rhizome were 0.7% in treatments B and C；0.62% in treatment CK and 0.59% in treatment A, thus, no significant difference among treatments was observed. Given that the effects of combined chicken compost and chemical fertilizer on the yield and quality of turmeric plants were similar in CK treatment. In conclusion, although the effects of the combined chemical fertilizer and chicken compost versus the pure chemical fertilizer were roughly the same, the benefits of applying the moderate chicken compost in companion with good cultivation method should be obvious to all.

Keywords：Turmeric *(Curcuma longa* L), Chicken Compost, Curcumin.

---

1. Contribution No.2174 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : October 6, 2003.
2. Associate Agronomist and Senior Agronomist, Agronomy Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Chemist, Agricultural Chemistry Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Correspending author, e-mail:minfu@Wufeng.tari.gov.tw；Fax:(04)23302806.

中 華 農 業 研 究 稿 約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論(可略去)、誌謝(可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過十印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不需分章節撰寫，但需附中英文摘要，全文以不超過四印刷頁為原則。

二、稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿一份及影印稿二份(內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4 大小之白色紙張(長 29.6 公分，寬 21 公分)空一行(double space)打字，上下應預留 3 公分，左右 2 公分空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。英文撰寫時，左邊對齊、字距一格，句距二格，以 Times New Roman 字體打字，以便審查。審查接受之稿件，隨文請附文稿內容磁片或電子檔案，以利電腦排版等作業。

三、稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題(Running title)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以“，”相隔，最後一人前加“and”字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chen。每一作者需附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳眞機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、卷期及頁數，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過五百字為原則。以中(英)文發表者須附英(中)文摘要，置於本文之後，且內容須與中(英)文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言(INTRODUCTION)、材料與方法(MATERIALS AND METHODS)、結果(RESULTS)、討論(DISCUSSION)、結論(CONCLUSION)、誌謝(ACKNOWLEDGE-MENTS)、引用文獻(LITERATURE CITED)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，須使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目(heading)單行置於該章節之前，小章節題目(subheading)直接置於小章節之首。

表　　格：

1、每一表格應分別繕製，上方須有標題，並按文中出現順序加上表 1 (Table 1.)，表 2 (Table 2.) 等冠號。

2、中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,...等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。

5、表格僅列橫線。

6、性質類同之圖與表務請精簡與合併。

圖　片：

1、圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙(白色透明紙)上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中加註者，應於圖中說明，或以括號註明於標題之後。

3、照片以光面紙爲原則，清晰度以縮小 50%可判讀爲宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm X 18cm)爲宜。

4、圖版及照片下方應有標題 (或另頁繕寫)，並按文中出現的順序加上圖 1(Fig.1)、圖 2(Fig.2)等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿應中英文併寫，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、引用文獻(LITERATURE CITED)－列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文爲限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991) (Lo 1991, 1992) (陳 & 胡 1983) (Sung 1991; Hsu et al 1992)，置於引用文處。

2、中文稿可列中、英文文獻，文獻原文爲中(英)文者，須以中(英)文列文獻。英文稿之引用文獻須全採用英文。

3、中文文獻以作者姓氏筆劃爲序，英文文獻以姓名字母爲序。中英文併陳時，中文在前，英文銜接其後。作者相同時以年代先後爲序。

4、文獻之書寫方法以期刊爲例，依序爲作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

5、西文期刊名須用縮寫，其縮寫方式參照美國出版之〝Biosciences Information Service of Biological abstracts〞規定，中文期刊用全名。

6、文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性期刊

陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種(系)對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34-43. (in Chinese with English abstract).

Weng, J. H. 1992. CO_2 exchange characteristics of C3 and C4 vegetable crops in response to light and nitrogen. J. Agric. Assoc. China 157:21-33. (in Chinese)

(2)文獻出自著作性書籍

楊清白。1980。家畜飼料學。藝軒。台北。180 pp.

Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press, Taipei. 100 pp.

(3)文獻出自編輯性書籍

Lo, W. S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism. p.100-110. in : Biology of Rice. (Sung, J. M., and D. J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

四、單位、縮寫格式及統計分析

1、所有度量衡均採公制，數量如用中(英)文數字，單位以中(英)文全名表示；數量如用阿拉伯數字，單位以 SI units 爲準，如一公尺(one meter, 1 m)、二公克(two grams, 2 g)、三公升(three liters, 3 L)、四毫升(four milliliters, 4 ml)。各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1)長度：公里(km)、公尺(m)、公分(=厘米)(cm)、公釐(=毫米)(mm)、微米(μm)。

(2)重量(W)：公斤(kg)、公克(g)、μg。

(3)容積(V)：公升(L)、公撮(=毫升)(ml)、μl。

2、溫度：攝氏(C)、絕對溫度(K，但須加以說明)。

3、時間：年(yr)、月(mo)、週(wk)、日(天)(day,days)、時(hr)、分(min)、秒(sec)。

4、濃度：莫耳(M)、千分之一莫耳(mM)、當量(N)、千分之一當量(mN)。

5、重力加速度：g。

6、其他之縮寫：平均(*av*)、大約(*ca*)、直徑(diam.)。

7、統計分析：達顯著性水準以*、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、...表示者均應加註顯著機率値 P(例如 $P<0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數(r)、決定係數(R)、變異係數(cv)、標準機差(se)等。

五、生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點“.”，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。

六、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案(IBM 相容電腦之文書管理檔，如 Word 檔或其他.)，並由作者負責前二校。除筆誤與格式外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。

七、投稿本期刊之稿件，不得投稿其他刊物。稿件經本期刊接受後，刊登權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。

八、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本 50 本；彩色頁印刷及抽印本加印費用由投稿人自行負擔。

九、其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

中華農業研究

第五十二卷 目 次

第一期

倪蕙芳、陳瑞祥、王美華、蔡東纂、程永雄——利用核糖體內轉錄區間序列及聚合酵素連鎖反應檢測作物根瘤線蟲 1
宋家瑋、歐錫坤——激勃素、溶脫、刻傷及濕冷層積等處理改進‘巨峰’葡萄種子發芽 14
楊舒惠、謝光照、吳詩都——臺南白玉米族群發芽之溫度反應 23
邱相文、梁連勝——葉菜類蔬菜包裝機之研製 31
王怡玎——熱風乾燥處理對宜蘭白蒜種蒜品質與發芽之影響 40
姚銘輝、蔡金川、梁連勝——水稻植冠之氣象因素垂直剖面及通量之量測 50
何坤耀、洪士程、陳健忠、李後晶——渦旋式誘蠅器對東方果實蠅（雙翅目：果實蠅科）之誘殺效果 62
楊純明——利用葉綠素測計估測水稻植株葉綠素及氮素 73

第二期

何坤耀、洪士程、陳健忠、李後晶——番石榴果實網袋包在絲瓜園誘殺瓜實蠅（雙翅目：果實蠅科）之效果 85
林素禎、林淑媛、吳繼光——不同殺草劑對叢枝內生菌根菌族群變動之影響 93
陳美杏、彭金騰、陳錦桐、簡宣裕——影響紫丁香蘑出菇因子之研究 99
楊純明、沈百奎、余志儒、羅朝村、吳正宗——利用葉綠素測計估測莧菜植體葉綠素及氮素狀態 107
謝光照、曹文隆、楊金興、盧煌勝——玉米種子發芽之耐銨性及耐性組合力分析 119
謝光照、曹文隆、何千里、楊金興、盧煌勝——玉米不同株齡幼苗與耐銨之相關性 130
羅淑卿、胡敏夫、洪千雅、顏國欽——利用 RAPD 技術分析桃種原親緣關係 144

第三期

楊純明——利用紅外線熱像技術遙測缺水對水稻（臺農 67 號）植被垂直剖面輻射溫度之影響 153
羅正宗、陳一心——水稻臺稉 9 號與臺農 67 號生育期葉色與稻穀產量及糙米氮素含量之關係 166
林毓雯、劉滄棽、王鐘和——有機資材氮礦化特性研究 178
楊淑如、李長沛、吳詩都、曾富生——日本水稻品種 Shiokari 及其矮性近同源系播幼苗特性之變異 . 191
劉碧鵑、王德男、劉政道——楊桃新品種臺農二號一正港 207
羅淑卿、王三太——不同辣椒品系辣味成分之分析及其加工 218
簡伯容、徐源泰、楊淑惠——利用酵素去除葡萄柚汁苦味之成分 228
謝光照、曹文隆、吳慧茹、盧煌勝——玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關 238

第四期

賴永昌、李忠田、陳一心、程永雄、蔡金池——甘藷新品種臺農 72 號之育成 247
范明仁、王昭月、羅舜芳、曾彥學——台灣原生杜鵑屬（*Rhododendron* spp.）種原遺傳歧異性之分析 258
楊純明、吳正宗、沈百奎、全志儒、羅朝村、申　雍——利用植被光譜特徵估測莧菜植株生長及氮素狀態 268
侯鳳舞、Mary Ann Smith——明暗週期對筋骨草癒合組織合成花青素之影響 291
李裕娟、楊純明——觀測角度對植被反射光譜及光譜特徵之影響－以水稻為例 297
呂秀英、魏夢麗、呂椿棠、陳烈夫——水稻粒形量化分析－Ｉ、形狀參數之決定 311
高靜華、曾佳琳、鄭　允——稻米含抗膽鹼激性物質之快速檢定研究與應用 324
胡敏夫、蔡淑珍、張愛華、劉新裕——施用雞糞堆肥配合化學肥料對薑黃產量及品質之影響 334

JOURNAL OF

AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of volume 52,200 3

Number 1

Hui-Fang, Ni, Ruey-Shyang Chen, Mei-Hwa, Wang, Tung-Tsuan, Tsay and Yung-Hsiung Cheng—PCR-mediated Detection of *Meloidogyne* spp. Based on Ribosomal Internal Transcribed Spacer Sequences 1

Chia-Wei Song and Shyi-Kuan Ou—Improving Seed Germination of 'Kyoho' Grape by Treatments of Gibberellic Acid, Leaching , Scarification and Stratification 14

Shu-Hui Yang, Guang-Jauh Shieh, Shu-Tu Wu—Characterization of the Germination Response to Temperature of Tainan-White Maize Populations 23

Hsiang-wen Chiu, Lien-Sheng Liang—A Study on the Packing Machine for Leafy vegetables 31

Yee-Ting Wang—Effect of Hot-air Drying on the Quality and Germination of 'I-Lan White' Garlic (*Allium sativum* L.) Seed Bulbs 40

Ming-Hwi Yao, Jin-Chuan Tsai and Lien-Sheng Liang—Measurement of Vertical Profiles and Fluctuations on Agrometeorological Factor within and above a Rice Canopy 50

Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung, Chien-Chung Chen and How-Jing Lee—The Effectiveness of Victor Fly Trap for Attracting the Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) 62

Chwen-Ming Yang—Using Chlorophyll Meter to Estimate Leaf Chlorophyll and Nitrogen Content of Rice Plants 73

Number 2

Kun-Yaw Ho, Shi-Cheng Hung, Chien-Chung Chen and How-Jing Lee—Trapping Effectiveness of Guava Fruit in a Net Bag for the Melon Fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in Sponge Gourd Field 85

Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin and Chi-Guang Wu—Herbicide, a Stress Factor on the population Fluctuation of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi 93

Meei-Hsing Chen, Jin-Torng Peng, Jene-Tung Chen and Shiuan-Yuh Chien—Effects of Some Factors on the Fruiting Characteristics of *Lepista nuda* (Bull.:Fr.) Cooke 99

Chwen-Ming Yang, Bor-Kwei Shen, Jih-Zu Yu, Chaur-Tsuen Lo and Jeng-Tzung Wu—Estimating Chlorophyll and Nitrogen Status in Plants of *Amaranthus mangostanus* with Chlorophyll Meter 107

Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, King-Hsing Yang, and Hung-Shung Lu—Ammonium Tolerance of Seed Germination in Maize (*Zea mays* L.) and Their Combining Ability Analysis 119

Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, Chan-Lee Ho, King-Hsing Yang[2] and Hung-Shung Lu—Relationship between Seedling Stage and Tolerance to Ammonium in Maize 130

Shu-Chin Lo, Min-Fu Hu, Chien-Ya Hung and Gow-Chin Yen—Studies on the Superoxide Scavenging Activity and Products Processing of Different Clonal Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.) 136

Ien-chie Wen and Tsai-cheng Chieh—Genetic Relationship Analysis on Peach Germplasm by RAPD 144

Number 3

Chwen-Ming Yang—Remote Detection of Changes in Vertical Canopy Radiant Temperature for Rice (TNG 67) Plants Subjected to Water Deficits with Infrared Thermal Imagery 153

Jeng-Chung Lo and Yi-Shin Chen—Yield and Grain Nitrogen Content in Relation to Leaf Color in Rice Cultivars TK 9 and TNG 67 166

Yu-Wen Lin, Tsang-Shen Liu and Chung-Ho Wang—Study on Nitrogen Mineralization Characteristics of Organic Materials 178

Shu-Ru Yang, Charng-Pei Li, Shu-Tu Wu and Fu-Sheng Thseng—Variation of Seedling Characters of Shiokari Rice and Its Dwarf Near-Isogenic Lines under Deep Seeding Condition 191

Bi Juan Liou, Der-Nan Wang and Tsung-Dao Liou—Carambola (*Averrhoa carambola* Linn.) new cultivar Tainung No. 2 - Jheng Gang 207

Shu-Chin Lo and San-Tai Wang—A Study on Capsaicin Contents of Different Pepper Lines and the Manufacturing for Pepper Pastes 218

Po - Jung Chien, Yuan - Tay Shyu and Shu - Hui Yang—Utilizing Enzyme for Reducing Bitterness in Grapefruit Juice 228

Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, Huey-Ru Wu and Hung-Shung Lu—Relationships between Ammonium Assimilation Enzyme Activities and Dry Weight Accumulation of Maize Seedling 238

Number 4

Yung-Chang Lai, Zhong-Tian Li, Yi-Sin Chen, Yung-Hsiung Cheng and Chin-Chi Tsai—Breeding of a New Sweet Potato Variety Tainung No. 72 247

Ming-Jen Fan, Jau-Yueh Wang, Shuen-Fang Lo and Yen-Hsueh Tseng—The Genetic Diversity Analysis of *Rhododendron* Native in Taiwan 257

Chwen-Ming Yang, Jeng-Tzung Wu, Bor-Kwei Shen, Jih-Zu Yu, Chaur-Tsuen Lo and Yuan Shen—Estimating Growth and Nitrogen Status in Plants of *Amaranthus mangostanus* with Canopy Spectral Characteristics 268

Fong-Wu How and Mary Ann Smith—Effect of Light/Dark Cycling on Growth and Anthocyanin Production[1] of *Ajuga reptens* in Callus Culture 291

Yuh-Jyuan Lee and Chwen-Ming Yang—Changes of Canopy Reflectance Spectrum and Spectral Characteristics to Viewing Angles of Spectroradiometer: A Case Study in Rice 297

Hsiu-Ying Lu, Meng-Li Wei, Chun-Tang Lu and Lit-Fu Chan—Quantitative Analysis of the Shape of Rice Grain. I. Determination of Shape Parameters 311

Ching-hua Kao, Chia-lin Tzeng and Edward Y. Cheng—Method Development and Application for Rapid Detection of the Anticholinergic Residues in Rice 324

Min-Fu Hu, Shwu-Jene Tsai, Ia-Fa Chang and Sin-Yie Liu—Effects of Combined Chicken Compost and Chemical Fertilizer Application on the Yield and Quality of Turmeric (*Curcuma Longa* L.) 334

中 華 農 業 研 究

第五十二卷　第四期

中華民國九十二年十二月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：安 寶 貞
主　　編：陳 育 信　黃 淑 華　楊 舜 臣　陳 榮 華
編審委員：
農藝組：王 強 生（主審）
呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明　劉 新 裕
園藝組：歐 錫 坤（主審）
王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道
劉 邦 基
農化組：廖 慶 樑（主審）
王 鐘 和　郭 鴻 裕　劉 慧 瑛　簡 宣 裕
植病組：張 清 安（主審）
安 寶 貞　羅 朝 村　程 永 雄　蔡 武 雄
昆蟲組：王 清 玲（主審）
何 琦 琛　陳 炳 輝　陳 健 忠　鄭 允
鄭 清 煥
農機組：梁 連 勝（主審）
黃 禮 棟　蔡 致 榮
種原組：范 明 仁（主審）
農經組：潘 德 芳（主審）

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員

Vol. 52., No.4

Dec. 2003

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Lin, Chien-Yih

EDITOR IN CHIEF: Ann, Pao-Jen

EDITORS:

Chen, Yu-Hsin
Huang, Shu-Hua
Yang, Shen-Chen
Chen, Long-Hua

EDITORIAL BOARD:

Chang, Chin-An (Plant Pathology)
Ou, Shyi-Kuan (Horticulture)
Liang, Lien-Sheng (Agriculture Engineering)
Liaw, Ching-Liang (Agriculture Chemistry)
Wang, Chin-Ling (Applied Zoology)
Wang, Chang-Sheng (Agronomy)
Fan, Ming-Jen (Crop Genetic Resources)
Pan, Te-Fang (Agriculture Economics)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Bing-Huei
Chen, Chien-Chung
Chen, Yi-Shin
Cheng, Ching-Huan
Cheng, Edward Yun
Cheng, Yung-Hsiung
Chien, Shiuah-Yuh
Guo, Horng-Yuh
Ho, Chyi-Chen
Hsu, Hsin-Tszu
Huang, Li-Dung
Liou, Pan-Chi
Liou, Tsung-Dao
Liu, Huey-Ing
Liu, Sin-Yie
Lo, Chaur-Tsuen
Lu, Hsiu-Ying
Shih, Jau-Chang
Tasi, Wu-Hsiung
Tsay, Jyh-Rong
Wang, Chong-Ho
Wang, Der-Nan
Yang, Chwen-Ming

Reviwers of the related fields are also invited from universities, and other research organizations

中華農業研究第五十二卷第四期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)2330-2301～5

編　輯印製者：普林特印刷有限公司

地　址：台北縣三重市忠孝路二段三十八巷六號

電　話：(02)29845807

中華民國92年12月出版

Vol. 52, No.4

Dec. 2003

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Breeding of a New Sweet Potato Variety Tainung No. 72
..........Yung-Chang Lai, Zhong-Tian Li, Yi-Sin Chen, Yung-Hsiung Cheng and Chin-Chi Tsai··· 247

The Genetic Diversity Analysis of *Rhododendron* Native in Taiwan
..........Ming-Jen Fan, Jau-Yueh Wang, Shuen-Fang Lo and Yen-Hsueh Tseng···258

Estimating Growth and Nitrogen Status in Plants of *Amaranthus mangostanus* with Canopy Spectral Characteristics
..........Chwen-Ming Yang, Jeng-Tzung Wu, Bor-Kwei Shen, Jih-Zu Yu, Chaur-Tsuen Lo and Yuan Shen···268

Effect of Light/Dark Cycling on Growth and Anthocyanin Production of *Ajuga reptens* in Callus Culture
..........Fong-Wu How and Mary Ann Smith···291

Changes of Canopy Reflectance Spectrum and Spectral Characteristics to Viewing Angles of Spectroradiometer: A Case Study in Rice
..........Yuh-Jyuan Lee and Chwen-Ming Yang···297

A Study on Capsaicin Contents of Different Pepper Lines and the Manufacturing for Pepper Pastes
..........Shu-Chin Lo and San-Tai Wang···311

Utilizing Enzyme for Reducing Bitterness in Grapefruit Juice
..........Po - Jung Chien, Yuan - Tay Shyu and Shu - Hui Yang···324

Relationships between Ammonium Assimilation Enzyme Activities and Dry Weight Accumulation of Maize Seedling
..........Guang-Jauh Shieh, Wen-Long Tsaur, Huey-Ru Wu and Hung-Shung Lu···334

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

中華郵政中臺字第〇三〇九登記爲雜誌交寄

ISSN 0376-477
GPN0252638900
定價：新臺幣一七五